

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO

*Dispositivo de ajuda perceptiva na atividade de inspeção visual para detecção de  
plantas cítricas com Huanglongbing (HLB, Greening)*

LUIZ OTÁVIO DOS SANTOS ARANTES  
ORIENTADOR: PROF. DR. NILTON LUIZ MENEGON

SÃO CARLOS

JULHO 2013

LUIZ OTÁVIO DOS SANTOS ARANTES

**Dispositivo de ajuda perceptiva na atividade de inspeção visual para detecção de plantas cítricas com Huanglongbing (HLB, Greening)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Ergonomia

Orientador: Prof. Dr. Nilton Luiz Menegon

SÃO CARLOS

JULHO 2013

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

A662da

Arantes, Luiz Otávio dos Santos.

Dispositivo de ajuda perceptiva na atividade de inspeção visual para detecção de plantas cítricas com Huanglongbing (HLB, Greening) / Luiz Otávio dos Santos Arantes. -- São Carlos : UFSCar, 2013.  
242 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2013.

1. Desenvolvimento de produtos. 2. Análise ergonômica do trabalho. 3. Huanglongbing (HLB). 4. Inspeção. I. Título.

CDD: 658.575 (20ª)



## FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno(a): Luiz Otávio dos Santos Arantes

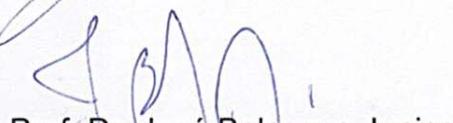
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA E APROVADA EM 30/07/2013 PELA  
COMISSÃO JULGADORA:



Prof. Dr. Nilton Luiz Menegon  
PPGEP/UFSCar



Prof. Dr. João Alberto Camarotto  
PPGEP/UFSCar



Prof. Dr. José Belasque Junior  
LFN - ESALQ/USP



Prof. Dr. José Carlos Plácido da Silva  
FAAC/UNESP



---

Prof. Dr. Mário Otávio Batalha  
Coordenador do PPGEP

Dedico este trabalho à Maria  
Cândida, por toda dedicação, amor  
e carinho.

## AGRADECIMENTOS

Aos inspetores de HLB pela atenção e disposição.

Ao Fundecitrus por intermediar as análises em campo, em especial ao Júlio pelo apoio na realização dos experimentos.

À Cambuhy Agrícola, Citrosuco/Fisher e Cutrale por disponibilizar inspetores, plataformas e áreas de inspeção que tornaram os experimentos possíveis.

À Embrapa pelo suporte técnico.

À FAPESP pelo apoio financeiro.

Ao Sr. Irineu e Sr. Rubens da Fhocus Laboratório Óptico de São Carlos/SP pela colaboração na fabricação dos protótipos.

Ao Professor Dr. Nilton Luiz Menegon, pela orientação e discussões.

Aos professores da Banca Examinadora: Prof. Dr. João Alberto Camarotto, pelas contribuições e ensinamentos, Prof. José Carlos Plácido da Silva, pelas contribuições e em especial ao Prof. Dr. José Belasque Jr. Pela amizade e pelo engajamento no trabalho, pelo suporte, conhecimento técnico e orientação que viabilizaram este estudo.

Ao grupo SimuCAD, pela estrutura, equipamentos, apoio financeiro e principalmente amizades: Manoela, Tonin, Will, Simone, Lidiane, Braatz, Michel, Chico, Karla, Núbia, Eduardo e em especial à Gláucia pelo companheirismo na labuta e competência no trabalho do qual este se origina.

À minha mãe, Maria Cândida, pela sabedoria, ao meu irmão, Vinícius, pela inspiração, e a toda minha família, tios, tias, primos, avós, pelo amor incondicional.

À Juliane, sempre especial pelo apoio, incentivo, amor, carinho, dedicação e paciência.

Aos queridos amigos do Bloco 28 do alojamento UFSCar, por compartilharem desafios e alegrias: Daniel, Felipe, Djaú, Condô, Mestre, Renatão, Fred, Brayan, Bruno, Torrinha e Leo. Aos amigos do mestrado e todas as amizades de São Carlos que levo com carinho e saudades.

Aos amigos de Pederneiras, pelo companheirismo mesmo à distância, Victor, Pertinhez, Caio, Steider, Boso, Juninho e Amadeu.

Aos amigos de Campinas, pela acolhida e incentivo à finalização deste trabalho, Alex, Ed, Bruno, Beli, Ivan, Tiago e toda a turma de Trainees 3M 2012.

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução .....</b>	<b>16</b>
1.1. Antecedentes e justificativa da pesquisa .....	16
1.2. Problema da pesquisa e premissas .....	18
1.3. Mobilização dos atores.....	23
1.4. Metodologia .....	26
1.5. Estrutura da Pesquisa .....	30
<b>2. Revisão da literatura .....</b>	<b>31</b>
2.1. Huanglongbing (HLB) ou Greening .....	31
2.1.1. Sintomas .....	32
2.1.2. Controle do HLB .....	33
2.1.3. Impacto econômico do manejo de HLB .....	40
2.2. O trabalho dos inspetores de HLB .....	42
2.2.1. Análise da atividade.....	42
2.2.2. Condicionantes e constrangimentos da atividade de inspeção de HLB .....	52
2.2.3. Ergonomia cognitiva e inspeção de HLB .....	53
2.3. Ergonomia de concepção .....	60
2.3.1. Diferentes abordagens do trabalho .....	60
2.3.2. Produção de conhecimento e Ergonomia de concepção.....	61
2.4. Visão e Cores .....	66
2.4.1. O que é cor?.....	67
2.4.2. Mecanismo da visão .....	69
2.4.3. Óptica fisiológica (cores fisiológicas) .....	72
2.4.4. Conceito fundamental do dispositivo de detecção de stress em plantas.....	74
2.4.5. Visualização das cores.....	76
2.5. Considerações finais acerca da revisão da literatura.....	82
<b>3. Metodologia .....</b>	<b>83</b>
3.1. Justificativa da Metodologia .....	83
3.2. Processo de projeto e a Análise Ergonômica do Trabalho (AET) .....	87
3.2.1. Projeto Conceitual .....	89
3.2.2. Projeto Detalhado .....	94
3.3. Validação.....	97
3.4. Procedimentos de pesquisa.....	100
<b>4. Análise dos resultados .....</b>	<b>106</b>
4.1. Projeto conceitual (Demanda, especificação e conceito) .....	106
4.1.1. Resultado do teste de conceito.....	113

4.2.	Projeto detalhado (Detalhamento e Manufatura) .....	115
4.2.1.	Detalhamento.....	115
4.2.2.	Manufatura.....	137
4.3.	Validação – Eficiência de inspeção e percepção do usuário .....	139
4.3.1.	Pré-teste .....	141
4.3.2.	Primeiro experimento de validação .....	152
4.3.3.	Segundo experimento de validação .....	164
4.3.4.	Terceiro experimento de validação.....	173
4.3.5.	Quarto experimento de validação .....	173
4.4.	Percepção dos usuários.....	194
4.4.1.	Ambiente .....	194
4.4.2.	Desconforto .....	197
4.4.3.	Adaptação .....	198
4.4.4.	Eficácia .....	202
<b>5.</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>208</b>
5.1.	Introdução.....	208
5.2.	Considerações acerca do desenvolvimento do dispositivo e dos resultados .....	209
5.3.	Considerações sobre as dificuldades na realização dos experimentos .....	215
5.4.	Considerações sobre a mobilização dos atores sociais.....	218
5.5.	Limitações do estudo e pesquisas posteriores .....	218
<b>6.</b>	<b>Referências bibliográficas .....</b>	<b>220</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>228</b>
	Apêndice A – Questionário de Entrevista semi-estruturada .....	228
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>231</b>
	Anexo A - Minuta do Convênio Técnico entre UFSCar e Embrapa. <b>Erro! Indicador não definido.</b>	
	Anexo B - Termo de Confidencialidade – Empresa de lentes ópticas corretivas <b>Erro! Indicador não def</b>	
	Anexo C - Planilha de Inspeção .....	236

## RESUMO

ARANTES, L.O.S. Dispositivo de ajuda perceptiva na atividade de inspeção visual de Huanglongbing (HLB) “greening” da citricultura. 2013.222F. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2013.

Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um dispositivo de ajuda perceptiva para os inspetores de Huanglongbing (HLB) Greening da citricultura, trabalhadores cuja função é detectar plantas doentes em campo por meio de inspeções visuais. A metodologia utilizada tem como ponto de partida a Análise Ergonômica do Trabalho (AET) dos inspetores de HLB realizada por Gonçalves (2011). A AET do trabalho de inspeção é articulada com o Projeto de Engenharia para o desenvolvimento do dispositivo sob o ponto de vista da atividade. A partir da estruturação do problema pela AET, definiu-se o conceito do dispositivo como uma lente que proporciona ajuda perceptiva aos inspetores pela intensificação do contraste entre as cores do mosqueado das folhas, facilitando a detecção do “ramo amarelo” durante as inspeções, sem restringir a identificação dos demais sintomas. Balizado na confrontação entre a perspectiva de eficiência e produtividade com a perspectiva de bem-estar e saúde, a análise dos dados coletados foi direcionada de forma quantitativa por análise estatística de variância, relaciona a eficiência da atividade de inspeção, e qualitativa, por entrevistas semi-estruturadas relacionadas à percepção dos usuários quanto à utilização do dispositivo de ajuda perceptiva. Os resultados demonstram, por um lado, que a utilização do dispositivo ajuda a minimizar alguns constrangimentos cognitivos relacionados à atividade de inspeção quanto à claridade, reflexo dos raios solares, sombra sobre as folhas, variação de direção dos raios solares e também melhora a visualização dos sintomas de mosqueamento das folhas. Por outro lado, quanto à eficiência de inspeção, a utilização do dispositivo não acarretou em maior ou menor identificação de HLB em campo. Portanto, a utilização do dispositivo de ajuda perceptiva para melhoria da saúde no trabalho e o modo de mobilização e coordenação entre os diferentes atores sociais em torno do desenvolvimento e avaliação do dispositivo, ficam nesta pesquisa como referência de uma forma de criar inovação.

Palavras-chave: Desenvolvimento de produtos. Análise da atividade. Huanglongbing. Greening. Inspeção.

## **ABSTRACT**

ARANTES, L.O.S. Perceptual assistant device for visual inspection activity of citrus Huanglongbing (HLB) Greening. 2013.222F. Dissertation (Master) – Production engineering Department, Federal University of São Carlos, São Paulo, 2013.

This research aimed to develop a perceptual assistant device for citrus Huanglongbing (HLB) Greening's scouts, which are workers responsible for symptomatic diseased plants identification by visual inspections on field. The methodology used has as starting point the Ergonomics Work Analysis (EWA) of HLB's scouts, proceeded by Gonçalves (2011). The inspection's EWA is articulated with Engineering Project methods for device development from the Activity standpoint. From EWA problem structuring, the device concept was defined as a lens which provides perceptual aid to HLB scouts by color contrast enhancement of mottling leaves, facilitating yellow bunch identification during visual inspection, but without any restriction to additional symptoms identification. Based on efficiency and productivity perspective, confronted against health and wellbeing perspective, it was used a method of data acquisition for quantitative analysis by statistical analysis of variance, related to inspection activity efficiency, and qualitative analysis, by semi-structured interviews related to user perception about wearing the perceptual assistant device. Results show that, in one hand, wearing the device helps to relief some cognitive constraints related to inspection activity, such as lightness, sun light reflection, shadows over the leaves, sun light direction variation, and also enhances symptomatic mottled leaves visualization. On the other hand, related to inspection efficiency, wearing the device does not resulted in higher or lower HLB identification on field. Therefore, the perceptual assistant device utilization for health improvement in the workplace and how is done mobilization and coordination between different social actors around the device development and evaluation, stays in this research as a reference about a way to create innovation.

Key-words: Product development. Activity analysis. Huanglongbing. Greening. Inspection.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sintomas de HLB nas folhas (A) e folhas sadias (B). Fonte: BOVÉ, 2006.....	32
Figura 2 - Sintomas de greening nos frutos. Fonte: BOVÉ, 2006. ....	33
Figura 3 - Plataformas de inspeção (a) simples, para 2 inspetores e (b) dupla, para 4 inspetores. Fonte: ARANTES, 2011.....	36
Figura 4 - Diaphorina citri. CITRUSBR (2011).....	39
Figura 5 - Ilustrações das ações da atividade de inspeção na Cambuhy Agrícola, acompanhadas de sua descrição, observações e sequência. Fonte: GONÇALVES, 2011. ....	46
Figura 6 - Ilustração do aspecto pontiagudo e empinado das folhas observado pelos inspetores. Fonte: GONÇALVES, 2011.....	47
Figura 7 - Ilustração do aspecto pontiagudo e empinado das folhas observado pelos inspetores. Fonte: GONÇALVES, 2011.....	48
Figura 8 – Sintomas de rubelose em folhas de citrus. Fonte: ARANTES, 2012. ....	49
Figura 9 – Sintomas de Clorose Variegada de Citrus – CVC. Fonte: ARANTES, 2012. ....	50
Figura 10 - Escama-farinha.. Fonte: Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da UFRGS. ....	50
Figura 11 – Sintoma de deficiência nutricional de zinco em folhas de citrus. Fonte: ARANTES, 2012. ....	51
Figura 12 - Ponto de inserção avermelhado. Fonte: ARANTES, 2013. ....	51
Figura 13 - Representação da estratégia mental verificada na etapa de Identificação do “pé candidato”. Fonte: GONÇALVES, 2011. ....	56
Figura 14 - Representação da estratégia mental verificada na etapa de Análise Fina dos sintomas. Fonte: GONÇALVES, 2011. ....	57
Figura 15 - Cores-luz primárias: Vermelho, verde e azul-violetado. Por síntese aditiva essas cores produzem o branco. Fronte: PEDROSA, 1982.....	67
Figura 16 - Cores-pigmento opacas primárias: vermelho, amarelo e ciano. Em síntese subtrativa produzem o preto. Fronte: PEDROSA, 1982. ....	68
Figura 17 - Cores-pigmento transparentes primárias: magenta, amarelo e ciano. Em síntese subtrativa produzem o preto. Fronte: PEDROSA, 1982. ....	68
Figura 18 - Anatomia do olho humano. Fonte: adaptado de Abrahão, 2009. ....	70
Figura 19 - Esquematização da retina humana. Ao centro está a fóvea retiniana (azul, amarelo, vermelho e verde), sensível às cores. À sua volta estão os bastonetes, responsáveis pela visão em preto-e-branco. Fronte: PEDROSA, 1982. ....	71
Figura 20 - Olhando fixamente durante cerca de 40 segundos para o conjunto dessas formas coloridas e depois desviando a vista para a área branca acima, veremos a bandeira nacional com suas cores originais. Fronte: PEDROSA, 2008.....	73

Figura 21 - Girando o disco a numa velocidade superior a 60 rpm, as cores vermelho e azul produzem a sensação de violeta, por mistura óptica (disco b). Fonte: PEDROSA, 2008. ....	73
Figura 22 - Sensibilidade relativa do olho humano. Fonte: EnergyLabs. ....	75
Figura 23 - Vista da copa de uma árvore com folhagem saudável e não saudável, sem e com os óculos de detecção de stress em plantas. A folhagem doente se destaca em vermelho brilhante na figura da direita. Fonte: USDA Forest Service.....	76
Figura 24 - Absorção de luz, cores de superfícies opacas. Fonte: PEDROSA, 1982. ....	77
Figura 25 - Círculo das 12 cores-pigmento opacas. Primárias: vermelho, amarelo e azul; secundárias: laranja, verde e violeta. Fonte: PEDROSA, 1982.....	78
Figura 26 - Círculo das 12 cores-pigmento transparentes. Primárias: magenta, amarelo e ciano, as mesmas cores-luz secundárias. O vermelho, verde e azul violetado em cor-pigmento transparentes são secundárias. Fonte: PEDROSA, 1982. ....	79
Figura 27 - Círculo das 12 cores-luz. Primárias: vermelho, verde e azul violetado; secundárias: magenta, amarelo e ciano. Fonte: PEDROSA, 1982.....	80
Figura 28 - Espectro solar contínuo de luz. Fonte: Promolux. ....	81
Figura 29 - Product Design Specification. Fonte: PUGH, 1990.....	86
Figura 30 - Modelo de Business Design Activity, extraído de PUGH, 1996.....	88
Figura 31 - Áreas de pesquisa e busca de informações para construção do PDS. Fonte: PUGH, 1990.....	92
Figura 32 – Reunião de debate em campo acerca do experimento. Fonte: ARANTES, 2013 ..	99
Figura 33 – Três filtros de luz avaliados. Fonte: ARANTES, 2011. ....	116
Figura 34 - Seção transversal da base de um filtro de luz. Fonte: Phillips Selecon website. .	116
Figura 35 - Filtros de luz (a) #49; (b) #46; (c) #43. Fonte: Roscolux. ....	118
Figura 36 - Efeito do filtro #49 sob folhas de citros. Fonte: ARANTES, 2011.....	120
Figura 37 - Regiões não visíveis a olho nu ficam destacadas com a utilização do filtro de luz. Fonte: ARANTES, 2011.....	121
Figura 38 - Planta infectada com HLB observada através do filtro de luz #49 que se aproxima dos óculos detector de stress em plantas. Fonte: ARANTES, 2011.....	122
Figura 39 - (a) Filtro de luz #49; (b) Filtro de luz #46; (c) Filtro de luz #43. Fonte: ARANTES, 2011. ....	123
Figura 40 – Filtro #43 fixado mecanicamente a um óculos de segurança por meio de um clip. Fonte: ARANTES, 2011.....	125
Figura 41 – Máquina de coloração com aquecimento à glicerina.Fonte: ARANTES, 2011. ....	126
Figura 42 – Protótipo de óculos de segurança com a lente de ajuda perceptiva. Fonte: ARANTES, 2012. ....	130
Figura 43 – Inspetora de HLB realizando inspeção visual por plataforma utilizando o protótipo do estudo. Fonte: ARANTES, 2011. ....	131
Figura 44 - Inspetoras de HLB testando o protótipo. Fonte: ARANTES, 2012.....	132
Figura 45 - Inspetoras de HLB testando o protótipo. Fonte: ARANTES, 2012.....	132

Figura 46 – Comparativo de um pé de laranja visto (a) sem o dispositivo desenvolvido e (b) com o dispositivo. Fonte: Arantes, 2012. ....	135
Figura 47 – Comparação de uma planta visualizada de baixo para cima (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo de ajuda perceptiva. Fonte: ARANTES, 2012. ...	137
Figura 48 - Localização do pré-teste e dos quatro experimentos de validação realizados. Fonte: Google Maps. ....	140
Figura 49 - Inspetora utilizando o dispositivo durante o pré-teste de validação. Fonte: ARANTES, 2012. ....	141
Figura 50 – Equipe de inspeção da Fazenda Cambuhy e equipe de suporte utilizando os óculos rosa. Fonte: ARANTES, 2012. ....	154
Figura 51 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2012. ....	155
Figura 52 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2012. ....	157
Figura 53 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2012. ....	166
Figura 54 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2012. ....	167
Figura 55 – Talhão definido para experimento dividido em três blocos 1, 2 e 3. Fonte: Fundecitrus. ....	168
Figura 56 – Inspetora de HLB realizando inspeção visual por plataforma utilizando o óculos rosa. Fonte: ARANTES, 2013. ....	174
Figura 57 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2013. ....	176
Figura 58 – Inspetora de HLB realizando inspeção visual a pé utilizando o óculos rosa. Fonte: ARANTES, 2013. ....	183
Figura 59 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2013. ....	185
Figura 60 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2013. ....	186
Figura 61 – Planilha de Inspeção. Fonte: Cutrale. ....	242

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Espectro de transmitância dos óculos de detecção de stress em plantas.....	113
Gráfico 2 - Medida do espectro de transmitância dos filtros de luz. ....	118
Gráfico 3 - Medida do espectro de transmitância das amostras 1 e 2 em comparação ao filtro #43. ....	127
Gráfico 4 - Medida do espectro de transmitância das amostras 1, 3 e 4 em comparação ao filtro #43. ....	129
Gráfico 5 - Percepção dos inspetores com relação ao ambiente (a) sol, (b) matos e galhos, (c) mosquitos, (d) buracos no chão, (e) suor, (f) embaçamento e (g) necessidade de tirar os óculos para continuar inspeção por causa do embaçamento. ....	146
Gráfico 6 - Percepção dos inspetores quanto ao desconforto causado pelos óculos. ....	147
Gráfico 7 - Percepção dos inspetores quanto à adaptação aos óculos.....	148
Gráfico 8 - Percepção dos inspetores quanto à visualização da folha mosqueada. ....	148
Gráfico 9 - Percepção dos inspetores quanto à distinção das outras doenças.....	149
Gráfico 10 – (a) Facilidade de encontrar HLB, (b) Influência dos óculos na identificação de mais HLB. ....	150
Gráfico 11 – Possibilidade de uso dos óculos no trabalho diário.....	151
Gráfico 12 – Segunda rodada de inspeções (Período 2): Percentual de identificação de cada tratamento com desvio padrão, em relação ao total de plantas identificadas pelos três tratamentos. ....	158
Gráfico 13 – Segunda rodada de inspeções (Período 2): Percentual de identificação de plantas com e sem óculos em relação ao total de plantas identificadas.....	159
Gráfico 14 – Terceira rodada de inspeções (Período 3): Percentual de identificação de cada tratamento com desvio padrão, em relação ao total de plantas identificadas pelos três tratamentos. ....	160
Gráfico 15 – Terceira rodada de inspeções (Período 3): Percentual de identificação de plantas com e sem óculos em relação ao total de plantas identificadas nos três tratamentos. ....	161
Gráfico 16 – Identificação somando as plantas encontradas no período 2 e 3, para cada tratamento. Percentual em relação ao total de plantas identificadas pelos três tratamentos. ....	162
Gráfico 17 – Identificação somando as plantas encontradas no período 2 e 3: Percentual de identificação de plantas com e sem óculos em relação ao total de plantas identificadas nos três tratamentos.....	163
Gráfico 18 – Experimento 2: Média e desvio padrão dos percentuais de plantas identificadas por cada tratamento em cada área, com em relação ao total de plantas de cada área. ....	170
Gráfico 19 – Experimento 2: Média e desvio padrão dos percentuais de plantas identificadas em relação ao total de plantas de cada área, comparando a utilização e não utilização de óculos.....	171

Gráfico 20 – Experimento 2: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento em cada área. ....	172
Gráfico 21 – Experimento 2: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando utilização e não utilização de óculos.....	173
Gráfico 22 – Experimento 3: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento na área A.....	176
Gráfico 23 – Experimento 3: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando a utilização e não utilização de óculos na área A. ....	177
Gráfico 24 – Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento na área B.....	178
Gráfico 25 – Experimento 3: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando a utilização e não utilização de óculos na área B.....	179
Gráfico 26 – Experimento 3: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento na área C.....	180
Gráfico 27 – Experimento 3: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando a utilização e não utilização de óculos na área C.....	181
Gráfico 28 – Experimento 4: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento em inspeções utilizando plataformas.....	187
Gráfico 29 – Experimento 4: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando a utilização e não utilização de óculos para inspeções com plataformas. ....	188
Gráfico 30 – Experimento 4: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento em inspeções a pé. ....	189
Gráfico 31 – Experimento 4: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando a utilização e não utilização de óculos para inspeções a pé.....	190
Gráfico 32 – Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento considerando os dados dos experimentos 2, 3 e 4. ....	191
Gráfico 33 – Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando a utilização e não utilização de óculos considerando os dados dos experimentos 2, 3 e 4. ....	192
Gráfico 34 – Valores normalizados do número de plantas identificadas por cada tratamento nos experimentos 2, 3 e 4 e Total. ....	193
Gráfico 35 - Percepção dos inspetores com relação ao ambiente (a) sol, (b) matos e galhos, (c) mosquitos, (d) buracos no chão, (e) suor, (f) embaçamento e (g) necessidade de tirar os óculos para confirmar os sintomas. ....	195
Gráfico 36 - Percepção dos inspetores quanto ao desconforto causado pelos óculos. ....	197
Gráfico 37 - Percepção dos inspetores quanto à adaptação aos óculos.....	198
Gráfico 38 - Percepção dos inspetores quanto à visualização da folha mosqueada e fruto sintomático.....	199
Gráfico 39 - Percepção dos inspetores quanto à distinção das outras doenças.....	201
Gráfico 40 - Percepção dos inspetores quanto à Facilidade de encontrar HLB.....	202

Gráfico 41 - Percepção dos inspetores quanto á influência dos óculos na identificação de mais HLB. ....	203
Gráfico 42 – Possibilidade de uso dos óculos no trabalho diário.....	205

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de plantas detectadas e % de detecção na comparação dos tratamentos óculos rosa, branco e sem óculos considerando como repetições as quadras A, B e C. ....	142
Tabela 2 - Número de plantas detectadas e % de detecção na comparação dos tratamentos com e sem óculos considerando como repetições as quadras A, B e C.....	143
Tabela 3 - Porcentagem de detecção de plantas e comparação dos tratamentos óculos rosa, branco e sem óculos (e equipes Fundecitrus VS. Fischer) considerando como repetições os sete inspetores das duas equipes.....	144
Tabela 4 - Comparação do total de plantas identificadas em cada área pelos tratamentos óculos rosa, branco e sem óculos e porcentagem de detecção em relação ao total de plantas de cada de cada área.....	169
Tabela 5 - Terceiro experimento: Permutação entre equipes e tratamentos nas áreas definidas de avaliação. ....	173
Tabela 6 - Quarto experimento: Permutação entre equipes e tratamentos nas áreas definidas de avaliação. ....	182

## 1. Introdução

### 1.1. Antecedentes e justificativa da pesquisa

Greening, ou Huanglongnig (HLB), é a doença mais importante e destrutiva da citricultura mundial (BOVÉ, 2006). Presente de forma endêmica nos continentes asiático e africano há várias décadas, essa doença foi recentemente detectada nos dois principais países produtores de citros, Brasil e Estados Unidos (COLETTA-FILHO et al., 2004; HALBERT, 2005). Segundo Neves et. al. (2010), o Brasil detém 50% da produção mundial de suco de laranja, com 85% de participação no mercado mundial. O sistema agroindustrial citrícola brasileiro movimentou R\$6,5 bilhões (2009) e gera mais de 230 mil empregos diretos e indiretos.

Devido a seu caráter destrutivo e de difícil controle, muitos pesquisadores tem se dedicado ao assunto de forma a compreender a doença e contribuir com soluções para o problema. Diversos aspectos vêm sendo estudados relacionados à bactéria causadora (TEIXEIRA et. al. 2010), à entomologia do inseto vetor (PARRA et al., 2010), ao desenvolvimento de transgênicos (MOURÃO FILHO et al., 2010) e busca por genótipos resistentes (CAMARGO et al., 2010), além de estudos sobre a incidência, distribuição e epidemiologia do huanglongbing (BELASQUE JR et al., 2010a; BASSANEZI et al., 2010; MACHADO et al., 2010), bem como sobre inseticidas para controlar o inseto vetor (GRAVENA et. al, 2010). No entanto, até o momento não foram encontradas medidas de controle efetivas e de baixo custo, nem mesmo métodos curativos para a doença (BELASQUE JR, 2009a).

Enquanto não são encontradas formas efetivas de controle, a doença se espalha e causa enormes prejuízos para os produtores. Só em 2012 foram erradicadas 7,2 milhões de árvores sintomáticas (FUNDECITRUS, 2013). As perdas e aumento de custos que o controle de HLB (*huanglongbing*) implica, tem feito com que a cultura de citros venha perdendo espaço no Brasil para outras culturas como cana-de-açúcar e eucalipto (BOTEON & PAGLIUCA, 2010). Desta forma, esta pesquisa justifica-se primeiramente pelo risco que o *huanglongbing* (HLB) coloca a este importante setor da agricultura brasileira.

Prevenir a infecção das plantas é fundamental no controle da doença. Uma das principais formas de controle é a inspeção e erradicação de plantas doentes para redução do inóculo. Assim como para o cancro cítrico (BELASQUE JR, 2009b), a identificação e erradicação das árvores infectadas tem se apresentado como uma ação essencial para evitar a proliferação da doença (BOVÉ, 2006; INSPEÇÃO..., 2008, p.14).

A identificação das plantas infectadas é realizada por profissionais treinados buscando sintomas da doença, durante inspeções visuais nos pomares. O Fundo de Defesa da Citricultura (FUNDECITRUS) estima que tais inspeções visuais tenham falhas que levam a um erro de 30 a 60%, ou seja, em torno da metade das plantas sintomáticas sejam mantidas no campo por falhas de inspeção (MILORI, 2008).

Uma solução recorrente para melhoria dos sistemas técnicos no que se refere à eficiência e confiabilidade é a automatização do processo. Sistemas de inspeção automática, como os baseados em visão computacional (BROSNAN e SUN, 2002; BLASCO, 2007), *machine vision* (CHEN et. al, 2002; ALEIXOS et. al, 2002) e técnicas de espectroscopia combinados ao processamento de imagens (SANKARAN et. al, 2010), vêm sendo largamente desenvolvidas para diagnóstico de doenças em frutos e vegetais na agricultura. Na citricultura, especificamente, vem sendo estudada utilização da técnica de fluorescência de raios-X (PEREIRA e MILORI, 2010), espectroscopia de fluorescência (MARCASSA et. al, 2006; BELASQUE JR et. al, 2008) e de fluorescência de imagens (MARCASSA et al., 2010). No entanto, alguns entusiastas destas técnicas reportam dificuldades quanto ao monitoramento automático contínuo em condições reais de campo (SANKARAN et. al, 2010) e dificuldade de aplicação na identificação de doenças em cenários não estruturados (BROSNAN E SUN, 2002). Cenários não estruturados representam a realidade de trabalho, as variáveis que não se tem controle, eventos singulares e imprevistos que geram uma situação não estruturada anteriormente, de forma que o autômato não pode interpretar e reagir a tal situação, ao contrário do trabalhador humano. De maneira geral, nenhuma destas abordagens leva em consideração a atividade do trabalhador de inspeção visual para **detecção** em campo de plantas infectadas por HLB. A preocupação se restringe ao aperfeiçoamento da tecnologia de **diagnóstico**, visando eliminar a subjetividade do trabalho. É importante nesta pesquisa, deixar claro a diferença entre diagnóstico e detecção no contexto de identificação de HLB da citricultura. O primeiro diz respeito à determinação da doença por técnicas baseadas em processos analíticos, físicos, químicos ou biológicos, enquanto o segundo refere-se à identificação ou conhecimento da doença pela observação dos sintomas, sem técnicas conclusivas de confirmação da doença.

A pesquisa de Gonçalves (2011) é a primeira a analisar a atividade dos inspetores de **detecção** de HLB em campo, identificando uma sobrecarga física, quanto a esforços nos braços, pernas,

coluna e adoção de posturas estereotipadas; e também uma sobrecarga cognitiva, associada a exigências de atenção, concentração e memorização, e exigências visuais devido à acuidade, claridade e reflexo dos raios solares que podem atrapalhar a identificação dos sintomas e fatigar os músculos que atuam na visão dos trabalhadores.

Até o momento não foram encontrados estudos sobre o desenvolvimento de dispositivos associados ao trabalho de inspeção de HLB, os inspetores e seus postos de trabalho, no sentido de melhorar a eficiência da atividade de detecção em campo. Assim, além da justificativa econômica devido à ameaça da doença ao setor citrícola, esta pesquisa também se justifica academicamente devido à inexistência de trabalhos sobre o assunto na literatura, sendo um campo a ser explorado.

## **1.2. Problema da pesquisa e premissas**

Estudos mostram que as inspeções visuais de HLB, invariavelmente, não são 100% eficientes (IREY et. al, 2006; BASSANEZI et. al, 2006b; GOTTWALD et. al, 2007; BELASQUE JR . et al., 2009a). Além dos escapes que geralmente ocorrem nas inspeções realizadas para a detecção de plantas sintomáticas, há outras plantas infectadas que permanecem no pomar devido ao período de incubação do HLB que é de 6 a 12 meses, dependendo de fatores ambientais (BOVÉ, 2006; BELASQUE JR et al., 2009a). Por isso, em geral, quando os primeiros sintomas são detectados visualmente, a árvore de citros já se encontra contaminada há meses. Além disso, os sintomas de HLB são muito similares aos sintomas de outras doenças ou deficiências nutricionais, o que dificulta a inspeção visual e adiciona certo grau de subjetividade aos diagnósticos (DA GRAÇA, 1991; FUNDECITRUS, 2010). No capítulo 2 são apresentadas fotos ilustrativas das semelhanças e diferenças entre os sintomas de HLB e de outras doenças ou de deficiências nutricionais.

Esta situação traz o problema da detecção tardia de plantas contaminadas. Portanto, **como tornar as inspeções HLB mais eficientes possíveis, identificando as plantas infectadas em um estágio inicial para que não sejam fontes de propagação da doença?**

Conforme abordado na seção anterior, uma solução recorrente para melhoria dos sistemas técnicos no que se refere à eficiência e confiabilidade é automatizar o processo. A questão da automação remete a uma discussão clássica sobre a especificidade da atividade humana em

relação às atividades desempenhadas pelas máquinas, bem como as relações da inteligência artificial com a ação humana e o saber prático.

Em termos práticos, esse debate emerge do relativo insucesso da informatização de determinadas atividades e processos, e da dificuldade para explicitar o saber prático quando se quer incorporá-lo num programa informático, ou seja, quando se quer “objetivar o saber prático” (LIMA E SILVA, 2002).

Para aprofundar a discussão é necessária uma **reflexão sobre a especificidade da atividade humana** em relação às tarefas desempenhadas pelas máquinas. É ainda preciso colocar em questão **até onde é possível objetivar a atividade humana e, portanto, quais seriam os limites da automação.**

A propósito das novas tecnologias, os limites da automação dizem respeito, sobretudo, ao que é passível de ser objetivado. Revisando a evolução histórica da automação, a objetivação de determinadas funções cognitivas não se apresenta como uma simples substituição ou eliminação do trabalho humano, mas apenas daquelas funções, movimentos ou ações que, de certa forma, se assemelham ao funcionamento das máquinas, ou seja, aqueles que já foram “automatizados pelo homem”, ou os chamados “atos maquinais” conforme Collins (1992) apud Lima e Silva (2002).

Lima e Silva (2002) afirmam que “a atividade humana, subjetiva, adquire mais relevância na mesma medida em que os atos maquinais do corpo e do espírito são objetivados em um sistema técnico”.

O trabalho humano guarda, assim, diversas características em caráter de exclusividade, que estão longe de ser um resíduo não automatizável. O trabalho humano se diferencia, dentre outros, por ser capaz de interpretar o sentido e significado de eventos singulares e imprevistos, definir estratégias globais e atualizá-las na tomada de decisão em tempo real, melhorar continuamente a partir da aprendizagem e experiência.

A interpretação de cada realidade de trabalho é realizada individualmente pelo trabalhador e a partir desta interpretação são tomadas as ações no processo de trabalho. Segundo Wisner (2004), compreender essa estruturação pessoal anterior à tomada de decisão é mais importante que considerar a situação dada e compreendida, como assumido pela teoria da decisão ou a teoria da informação. A grande dificuldade está no fato de que esses processos são

predominantemente inconscientes e que o indivíduo, quando chamado a explicitar o que ele faz e porque, racionaliza sobre o que ocorreu.

Enquanto a automação só atua nos processos que estão previstos, os trabalhadores, por sua vez, quando colocados em situações de incidentes ou imprevistos, tomam certas ações espontaneamente para dar conta da situação, embora não consiga descrever os pensamentos e as decisões que os fizeram tomar tais ações.

Gonçalves (2011), ao estudar a atividade de inspetores de HLB, identifica uma série de ações e estratégias de inspeção exclusivas, desenvolvidas inconscientemente no curso da atividade. A autora identifica que os inspetores de HLB são profissionais que, além de tratarem as informações, são tomadores de decisão, possuem competências adquiridas ao longo das experiências de cada indivíduo. Muitas vezes não conseguem verbalizar os pensamentos e decisões produzidos ao suspeitar que uma planta está contaminada com HLB, mas ao observá-la reconhece a anormalidade apesar de nem sempre conseguirem descrevê-la. Esta ação não é consciente, é um conhecimento não formalizável que o inspetor de HLB adquire ou desenvolve e que não lhe foi ensinado. “Nota-se então, que a ocorrência de uma variabilidade não prevista nas prescrições da tarefa conduz ao aparecimento do ‘saber prático’, edificado a partir da experiência e conhecimentos adquiridos durante a atividade” (GONÇALVES, 2011, p.148).

Ao buscar compreender este saber prático, Collins (1992) apud Lima e Silva (2002) afirma que o conhecimento que se tem sobre este é sempre deficitário em relação ao realmente existente e manifestado nas situações reais. A regra geral é que os trabalhadores sabem mais do que podem dizer, porque aprendem pelo viés da socialização e não graças à instrução. Ao ser traduzido para uma linguagem formal, o saber prático perde parte de sua eficácia. “A comunicação escrita transmite apenas um saber articulado – ela não pode transmitir a não ser o que pode ser dito sobre um saber-fazer, não o saber-fazer ele mesmo” Collins (1992) apud Lima e Silva (2002).

Dejours (2004) afirma que a experiência no campo da ergonomia mostra que a inteligência dos trabalhadores está frequentemente à frente de sua engenhosidade. Daí resultam as grandes dificuldades que eles encontram para falar das suas condições e de seu trabalho.

Com relação ao treinamento, um ponto interessante é verificado pelo trabalho de Gonçalves (2011). Primeiramente são passadas para o inspetor novato as informações gerais a respeito

dos sintomas e transmissão da doença, no entanto, a aprendizagem da identificação se dá em campo, com a prática constante do aprendiz acompanhando os inspetores mais experientes até que se adquira independência para realizar a atividade, com isso o inspetor desenvolve um saber prático próprio.

Este fator está intimamente relacionado com a diferenciação entre tarefa e atividade inscrita na origem da Análise Ergonômica do Trabalho (AET). “(...) certos aspectos significativos da tarefa estão previstos e inscritos nos ensinamentos da formação profissional; outros há, em número indefinido, que não estão previsto e sujeitos à descoberta do trabalhador. Acrescentamos que essa descoberta não leva necessariamente a uma clara tomada de consciência por parte do trabalhador que está na origem de impressões e de macetes que atribuímos de bom grado a algum dom natural do homem”. (OBREDAME & FAVERGE; apud WISNER, 1994).

Apesar de alguns aspectos serem conhecidos, como alguns sintomas por exemplo, a natureza do trabalho de inspeção de HLB possui certo grau de variabilidade que não se apresenta como um “ato maquinal”, pelo contrário, há outros aspectos não formalizados na estratégia de identificação que estão inclusive em desenvolvimento, formação e aprimoramento de maneira inconsciente por parte dos trabalhadores.

Uma vez que o saber prático é adquirido a partir de ações inconscientes dos trabalhadores embasados em competências desenvolvidas ao longo da atividade de inspeção, sua compreensão pode ser facilitada pela análise da atividade, alicerce do método Análise Ergonômica do Trabalho (AET), cujos conhecimentos a respeito do funcionamento humano no trabalho trazem grandes contribuições ao processo de concepção.

A ergonomia foi construída nos países anglo-saxônicos dentro de um paradigma de aplicação de conhecimentos científicos sobre o funcionamento do homem no projeto dos meios de trabalho. Segundo Daniellou (2004a), a constatação de base era que os projetistas, que se utilizam de vastos conhecimentos sobre a matéria inerte, não possuem conhecimentos equivalentes sobre a matéria viva, sobre o funcionamento humano. Tomam decisões que resultam em danos à saúde dos trabalhadores, à confiabilidade e à eficácia do sistema de produção. O papel da ergonomia seria assim, preencher esse déficit, fornecendo aos especialistas dos projetos, os conhecimentos sobre o funcionamento humano produzido.

Lima e Silva (2002) afirmam que enquanto os problemas colocados para a ergonomia estavam predominantemente circunscritos ao projeto do posto de trabalho, a ergonomia clássica ou dos fatores humanos ainda podia exercer melhorias com certa eficácia, principalmente no que diz respeito às dimensões, posturas e esforços físicos, apresentação de informações e manuseabilidade de comandos e controles. No entanto, esta corrente trata das relações entre homem-máquina de maneira estática. Quando se trata de apreender as relações dinâmicas entre o indivíduo que trabalha e a situação de trabalho, essa abordagem se torna bastante limitada.

Ao conceber um dispositivo que auxilie o trabalho de inspeção de HLB, não é suficiente analisar a relação do trabalhador com o dispositivo técnico a ser projetado. É necessário apreender a relação do trabalhador com a nova situação de trabalho gerada pela inserção deste novo dispositivo. Esta análise é realizada por meio de entrevistas semi-estruturadas com os inspetores, guiadas por um questionário de percepção a respeito do dispositivo, registros das verbalizações, imagens fotográficas e discussão em grupo com os participantes para restituir o conhecimento produzido e consolidar a percepção do grupo a respeito do dispositivo.

Quando há inserção de uma nova tecnologia, as interações devem ser reconstruídas, uma vez que as funções são redistribuídas entre os trabalhadores e os dispositivos de trabalho. O próprio conhecimento, antes exclusivamente centrado no trabalhador, se torna redistribuído entre o inspetor de HLB e o novo dispositivo técnico que agrega um saber prático objetivado.

Assim, neste contexto das relações dinâmicas entre o indivíduo que trabalha e a situação de trabalho, a corrente da ergonomia francofônica, mais particularmente a análise da atividade, se mostra rica em possibilidades, pois realiza uma análise de forma situada, contextualizada.

Assim, esta pesquisa trata de **como a produção de conhecimento na ergonomia da atividade pode contribuir para a concepção de dispositivos**. Esta corrente da ergonomia será discutida em maiores detalhes a seguir, no sentido de compreender como pode orientar a concepção.

Ao se desenvolver um dispositivo ou artefato técnico é importante **compreender as limitações deste dispositivo em relação às atividades humanas**, assim, são indispensáveis o conhecimento e o saber prático para que os trabalhadores façam, não só o diagnóstico do sistema, mas também para fornecerem informações que auxiliem os projetistas.

Diante do exposto, este estudo pretende confirmar a premissa de que a **utilização e o desenvolvimento de dispositivos a partir do ponto de vista da atividade pode auxiliar os inspetores de HLB a aumentar sua eficiência na realização da sua atividade.**

### **1.3. Mobilização dos atores**

O dispositivo desenvolvido nasce da interação entre diferentes atores sociais, por isso se faz interessante apresentar nesta seção as organizações públicas ou privadas contribuintes para este. O termo “atores” aqui refere-se a representantes da Universidade e as Organizações públicas ou privadas envolvidas ao longo de todo o processo de projeto do dispositivo. O objetivo desta seção é apresentar como estas relações foram estabelecidas e sintetizar a contribuição de cada um dos atores para a realização do estudo.

A colaboração das organizações pode ser dividida conforme as fases de execução das atividades de cooperação:

**Etapa 1** - Desenvolvimento e testes ópticos

**Etapa 2** - Avaliação em campo e análise dos resultados

Esta divisão é feita para facilitar a compreensão de como cada organização contribuiu para o desenvolvimento de acordo com a atividade de execução, no entanto é importante frisar que as etapas e suas atividades ocorrem de maneira paralela, de forma que os testes ópticos foram realizados juntamente com o desenvolvimento e a avaliação de campo durante todo o processo de projeto, em vista da perspectiva ergonômica de confrontação das representações dos atores do processo de trabalho, no caso os inspetores, em torno de todas as etapas de avaliação em campo desde o conceito até a validação.

A pesquisa aqui apresentada é um desdobramento do estudo realizado por Gonçalves (2011). O projeto de pesquisa, considerado de maneira mais ampla os estudos da autora somados aos apresentados nesta dissertação, foi realizado no laboratório de pesquisa PSPLab (Laboratório de Projeto de Situações Produtivas) do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (DEP/UFSCar). O PSPLab é um laboratório composto por dois grupos de pesquisa: Ergo&Ação e SimuCAD. O grupo Ergo&Ação é uma equipe de especialistas em Ergonomia, desenvolvimento métodos e estratégias que assegurem a consideração dos aspectos relacionados aos preceitos ergonômicos no projeto do trabalho e de instalações industriais. Já o grupo SimuCAD – Simulação & CAD, atua na área de instalações

industriais, integrando ferramentas de computação gráfica e de Simulação na concepção, avaliação e implantação de sistemas de produção. O projeto de pesquisa se utilizou da competência tanto do grupo Ergo&Ação em relação ao conhecimento em ergonomia e situações produtivas, utilizado na execução do projeto e no desenvolvimento do dispositivo, quanto do grupo SimuCAD no projeto de soluções técnicas para as plataformas relacionadas às recomendações do estudo de Gonçalves (op. cit.).

Este projeto de pesquisa é uma resposta à demanda pela necessidade de maiores estudos relacionados ao trabalho de inspeção de HLB. A demanda foi colocada pelo Fundecitrus (Fundo de Defesa da Citricultura), representante do setor citrícola em relação à defesa fitossanitária e pesquisa. Sua contribuição ao longo do estudo foi essencial para a pesquisa ao realizar a integração dos pesquisadores do PSPLab com os produtores de citros, possibilitando as visitas às propriedades para elucidar a demanda e estruturar o problema. O estudo de AET realizado por Gonçalves (2011) ocorreu em uma empresa produtora de citros, a Cambuhy Agrícola, ficando aqui também como um dos atores que contribuíram para o processo de projeto.

Após definido o conceito do dispositivo como um filtro de luz, passou-se para a fase de desenvolvimento propriamente dito. Nesta fase juntou-se ao grupo de trabalho duas organizações.

A primeira, pública, foi a Embrapa Instrumentação Agropecuária, com a qual foi firmada parceria para contribuir com sua infraestrutura laboratorial, que conta com equipamentos específicos da área de óptica para realização das análises da curva de transmitância de todos os filtros de luz avaliados pela equipe do PSPLab. A Minuta do convênio técnico entre UFSCar e Embrapa é apresentada no Anexo A. A segunda organização foi uma empresa privada fabricante de lentes corretivas da cidade de São Carlos/SP. O trabalho de cooperação foi firmado sob termo de confidencialidade (Anexo B) e a principal contribuição se deu na incorporação do filtro de luz à lente. A empresa disponibilizou acesso à sua estrutura e deu orientação ao pesquisador do PSPLab com treinamento sobre o processo de coloração, possibilitando assim a realização dos estudos necessários para obtenção da lente desejada. A empresa também contribuiu na fabricação dos protótipos para realização de experimentos de validação em campo.

Na etapa de avaliação de campo o Fundecitrus teve papel essencial, não somente como intermediador entre o pesquisador do PSPLab com os produtores de citros, mas participando ativamente de toda a avaliação de campo, desde a compreensão e análise da atividade até a validação dos protótipos do dispositivo de ajuda perceptiva. Importante ressaltar que não houve formalmente um termo de cooperação entre PSPLab e Fundecitrus, mas foi estabelecido fundamentalmente uma relação de compromisso de trabalho conjunto para a realização dos estudos visando desenvolver soluções para o problema de HLB no setor citrícola.

O Fundecitrus contribuiu de maneira efetiva com os conhecimentos e experiência no manejo e controle da doença para o planejamento e elaboração dos experimentos. Por meio do Fundecitrus houve contato com outros atores importantes no desenvolvimento dispositivo que são as empresas citrícolas. As empresas disponibilizaram talhões, inspetores, plataformas de inspeção, supervisores de campo e engenheiros agrônomos para que a realização dos experimentos fosse possível. O contato foi iniciado por um engenheiro agrônomo do Departamento Científico do Fundecitrus diretamente com engenheiros agrônomos das empresas. A partir do planejamento do experimento definido entre pesquisadores do PSPLab e do Fundecitrus, a negociação entre os participantes do PSPLab, do Fundecitrus e das empresas, foi realizada quanto à disponibilidade de recursos da propriedade e cronograma para realização do experimento. As empresas que contribuíram para a realização dos experimentos por intermédio do Fundecitrus foram a Cambuhy Agrícola (1º Experimento de validação), Citrosuco/Fischer (2º e 3º Experimentos de validação) e Cutrale (4º Experimento de validação).

Como parte do compromisso de trabalho conjunto entre PSPLab e Fundecitrus houve disponibilização de profissionais das duas organizações para acompanhamento dos experimentos de validação em campo, aplicação das entrevistas semi-estruturadas e questionários de percepção. Ao Fundecitrus deve-se ressaltar a colaboração com a disponibilização de veículos para visita às fazendas e técnicos para acompanhamento do experimento. Por fim, outra contribuição do Fundecitrus foi no tratamento e interpretação dos resultados, em especial com relação à eficiência de inspeção pelos métodos estatísticos que serão apresentados nos resultados desta pesquisa.

#### 1.4. Metodologia

A metodologia de desenvolvimento desta pesquisa segue três grandes etapas. A primeira refere-se à Análise Ergonômica do Trabalho (AET), a segunda refere-se ao projeto de desenvolvimento do dispositivo; e a terceira, à validação do mesmo pelos usuários em campo, analisando os efeitos sobre sua atividade.

A etapa de AET foi realizada segundo os preceitos de Guérin et al.. (2001). Esta etapa teve como finalidade compreender a atividade de inspeção de HLB para identificar as estratégias utilizadas pelos trabalhadores para identificar a doença. Este trabalho foi realizado por Gonçalves (2011), que foi a primeira a estudar a atividade de inspeção de HLB e a revelar o distanciamento entre o trabalho prescrito e o trabalho real, ou seja, a distância entre a função designada ao trabalhador (tarefa) e o que o trabalhador realmente realiza para atingir os objetivos propostos. Foram realizadas as etapas de análise da demanda, análise do ambiente técnico, econômico e social, análise da atividade e situação de trabalho, restituição dos resultados e recomendações ergonômicas. O conjunto de etapas ou fases que a AET se utiliza não são necessariamente lineares, mas são conexas entre si e guiam a ação ergonômica. Para Guérin et. al (2001), a ação ergonômica se constrói a partir da demanda e se estrutura conforme o desenrolar da ação. “Diferentemente dos métodos científicos tradicionais, em que as hipóteses são previamente elaboradas e explicitadas, na AET elas são construídas, validadas ou refutadas ao longo do processo” (ABRAHÃO et al., 2009, p.180).

O resultado do estudo de Gonçalves (2011) apresenta diversos constrangimentos físicos quanto às posturas estereotipadas, esforços nos braços e pernas, constrangimentos organizacionais relacionados às metas de inspeção e condições dos talhões a serem inspecionados, e também constrangimentos cognitivos, como esforço visual, diminuição da acuidade e dificuldade para identificar os sintomas. Em relação aos problemas de origem cognitiva, a autora faz recomendações de auxiliem o esforço visual e medidas que promovam maior discernimento e agilidade na identificação da doença. Levando-se em consideração as recomendações, as estratégias operatórias identificadas pelo estudo e a variabilidade do trabalho de inspeção, a escolha da solução a ser desenvolvida nesta pesquisa foi orientada para o **desenvolvimento de um dispositivo de ajuda perceptiva na identificação do ramo amarelo em inspeções visuais de HLB**, já que esta característica é essencial na estratégia visual dos inspetores, segundo por Gonçalves (op. cit.).

As visitas a campo para coletar dados e informações gerais pertinentes às análises da autora foram acompanhadas para a estruturação do problema aqui proposto, de forma que a análise da atividade do inspetor de HLB apresentada ocorreu simultaneamente à realização desta pesquisa.

A AET contribuiu para a compreensão e estruturação do problema apresentado, de forma a elucidá-lo por meio de uma análise situada, no entanto, é limitada quanto à projeção, ou seja, ato de projetar. Para isso busca-se referencial em modelos de Projeto de Engenharia para o desenvolvimento do dispositivo.

A segunda etapa refere-se à metodologia de projeto. Nesta pesquisa utiliza-se o modelo de Pugh (1996), como modelo conceitual de projeto de engenharia aplicado sob o ponto de vista da ergonomia. Com o modelo de *Business Design Activity*, o autor rompe com as abordagens sistêmicas de projeto e enfatiza o caráter não estruturado do processo de concepção. Aspectos estratégicos são incorporados ao modelo como delimitações externas importantes ao projeto do negócio. Com base neste modelo são realizadas as etapas centrais de projeto: identificação da necessidade dos usuários, especificação do projeto do produto, projeto conceitual, projeto detalhado e manufatura, aqui chamada de Fabricação de Protótipo. Este modelo será aprofundado no capítulo 3, em que a metodologia de pesquisa é explicada em maiores detalhes.

Todo o projeto começa, ou deveria começar, por uma necessidade que quando satisfeita atende a determinada demanda. Do estado de necessidade, a especificação do produto é formulada, a partir da qual as etapas centrais subseqüentes são realizadas. As etapas de identificação da necessidade dos usuários e especificação são realizadas como parte da Análise Ergonômica do Trabalho de inspeção de HLB. A AET serve como metodologia de coleta de dados e informações gerais a respeito da atividade real de inspeção e é realizada por meio de observações livres e sistemáticas, participativas e não-participativas. As observações incluem gravações em vídeo, registros fotográficos e gravações de voz para captar a verbalização dos inspetores de HLB sobre sua própria atividade.

A partir desta análise, a AET orienta a decisão de projeto conceitual, considerando as particularidades do trabalho de inspeção visual, as estratégias visuais utilizadas, restrições para a realização do trabalho e limitações dos dispositivos em relação à atividade humana. Para a determinação do conceito é realizada uma revisão bibliográfica acerca da visão a

Teoria de Cores e análise das soluções com base nas informações identificadas pela AET relativos ao esforço visual intrínseco a esta atividade, o que acarreta em importantes constrangimentos cognitivos. Após a escolha do conceito, é desenvolvido o projeto detalhado. O projeto detalhado refere-se à expansão dos conceitos definidos anteriormente tanto para entendê-los melhor, como para compreender as limitações tecnológicas e avaliar a viabilidade técnica. Para tanto foi firmada a parceria com a Embrapa Instrumentação Agropecuária. Fruto desta parceria um óculos com efeito semelhante ao pretendido, chamado “Óculos de detecção de stress em plantas” foi encontrado no mercado e uma unidade do mesmo foi importada e analisada quanto à percepção dos inspetores de HLB em campo na Fazenda Cambuhy, na região de Matão/SP. Algumas limitações deste dispositivo foram identificadas tanto com relação ao efeito pretendido e sua lente. No processo de validação com os inspetores em campo, foi verificado que estes óculos são muito escuros para a aplicação de identificação de HLB, de forma que os inspetores tem dificuldade de visualizar o mosqueamento das folhas e de identificarem sintomas em estágio inicial de manifestação. Em relação ao efeito pretendido, foi observado que apesar de intensificar o amarelado das folhas, não é o mais adequado para a identificação de HLB.

A partir destas limitações, pensou-se em lentes semelhantes às destes óculos, mas com desempenho mais adequado às características específicas da doença do HLB e do trabalho de inspeção. Assim, foram adquiridos diferentes filtros de luz junto aos fornecedores. Testes com os diversos filtros foram realizados com os inspetores para verificar em campo a percepção dos usuários em relação à sua funcionalidade. Além da análise visual em campo, medidas do espectro de transmitância foram efetuadas no laboratório da Embrapa Instrumentação Agropecuária para verificar a faixa do espectro de transmissão adequada, ou seja, os comprimentos de onda correspondente às cores que se desejava observar. Desta forma foi definido o filtro de luz mais adequado para a atividade de inspeção visual de HLB.

Verificada a viabilidade técnica e determinado o filtro de luz adequado para a atividade, foi realizado um trabalho de cooperação junto a uma indústria fabricante de lentes ópticas corretivas, situada na cidade de São Carlos/SP. O trabalho de cooperação com a fabricante de lentes ópticas corretivas se deu com o intuito de incorporar o filtro escolhido a uma lente óptica de forma a atender o conceito desenvolvido na fase anterior de projeto. Este resultado foi conseguido por um processo chamado Coloração, em que foram testados colorantes de

diferentes pigmentações, variando-se o tempo de exposição às soluções. Assim como os filtros de luz, testes com as diferentes lentes obtidas foram realizados com os inspetores em campo a fim de determinar a percepção dos usuários em relação a sua funcionalidade específica de identificação dos sintomas de HLB, bem como adequações de uso. As análises de espectrometria de transmitância foram realizadas no laboratório da Embrapa Instrumentação Agropecuárias para verificar o espectro de transmissão das lentes obtidas.

Após o desenvolvimento das lentes, passa-se para a etapa de manufatura. Com base na lente desenvolvida são fabricados protótipos seguindo o mesmo processo de coloração, para realização de experimentos de validação do dispositivo em campo.

A validação é a terceira grande etapa da pesquisa. O experimento de validação ocorreu comparando a inspeção visual como normalmente é realizada, com a inspeção utilizando o dispositivo, e também com a inspeção utilizando uma lente transparente para servir de “placebo” na análise comparativa. O experimento teve colaboração do Fundecitrus quanto a seu planejamento, execução e análise dos resultados, além da ajuda a selecionar a propriedade a ser realizada. Assim, a validação foi efetuada com relação à funcionalidade do dispositivo no sentido de melhoria da eficiência da inspeção de HLB e com relação à percepção dos usuários sobre o dispositivo. Para verificar a percepção dos usuários foram aplicados questionários estruturados. Os questionários são muito importantes para que os entrevistados exponham seus pontos de vista, discutam informações precisas sobre pontos específicos, pensem sobre aspectos importantes do seu trabalho e tragam sugestões e contribuições importantes que não haviam sido consideradas pela análise prévia do ergonomista. Para a avaliação deste experimento com relação à eficiência de inspeção e avaliação de significância do modelo utilizado, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) para verificar se os três tratamentos (inspeção de HLB normal, inspeção com o dispositivo de identificação de HLB e inspeção com o “placebo”) diferem entre si.

Em todas as análises de campo foi realizado o uso de câmeras fotográficas, câmeras filmadoras e gravadores de voz para registrar as análises e possibilitar uma investigação mais detalhada do trabalho dos inspetores conforme recomendado pela AET (GUÈRRIN et al., 2001). A abordagem de análise utilizando conceitos de ergonomia se mostrou bastante adequado para esta pesquisa, uma vez que a Análise Ergonômica do Trabalho utiliza

ferramentas de investigação que permitem esclarecer questões não evidenciadas por outros métodos.

### **1.5. Estrutura da Pesquisa**

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. No capítulo 1 é introduzido o problema da pesquisa com uma retrospectiva de seu contexto e uma breve abordagem metodologia conduzida para responder a este problema. O capítulos 2 explora as áreas de conhecimento utilizadas como fundamentação teórica para responder a pesquisa, delineando os recortes realizados durante todo o seu desenvolvimento. O capítulo 3 providencia a discussão metodológica para atingir os objetivos propostos, com justificativa de uso e procedimentos realizados. O capítulo 4 relata os resultados obtidos pela aplicação dos métodos de pesquisa e inicia a reflexão a respeito da orientação dos dados para responder às questões levantadas. O capítulo 5 realiza as conclusões do problema de pesquisa baseado nos resultados relatados no capítulo 4, incluindo a contribuição da pesquisa para as áreas de conhecimentos apresentadas no capítulo 2.

## 2. Revisão da literatura

Compreender melhor o universo do objeto de estudo desta pesquisa (o trabalho de inspeção visual de HLB) se faz importante para entender o contexto em que o trabalhador realiza a sua atividade, por isso, neste capítulo a doença do *huanglongbing* (HLB) ou greening será aprofundada em detalhes, direcionando o foco para as suas formas de controle, especialmente a atividade de inspeção e sua caracterização.

Serão também apresentados os conceitos fundamentais de ergonomia cognitiva, em face de sua importância no que tange ao estudo da atividade de trabalho de inspeção de HLB, e como a produção de conhecimento em ergonomia pode orientar a concepção a partir dos paradigmas que distinguem as diferentes abordagens do Trabalho.

Com o intuito de buscar referencial teórico para solucionar o problema de pesquisa, será também feita uma revisão sobre a visão humana e óptica, relacionando estes conhecimentos com a inspeção visual de HLB e como foram utilizados para o desenvolvimento do dispositivo.

### 2.1. Huanglongbing (HLB) ou Greening

O huanglongbing (HLB) ou Greening é considerado a pior doença dos citros no mundo. A doença foi primeiramente relatada na China no início do século XX, e no Brasil as primeiras plantas com sintomas da doença foram descobertas apenas em 2004, em pomares das regiões Centro e Sul do Estado de São Paulo. Recentemente, o HLB foi descrito também nos Estados Unidos da América (2005), Cuba (2007) e República Dominicana (2009), tendo ainda sido relatado no México, Belize, Jamaica e Porto Rico (2009) (TEIXEIRA et al., 2010).

O HLB tem como agente causal a bactéria chamada *Candidatus Liberibacter* que obstrui o floema, impedindo a distribuição da seiva. Com isso, quando contaminadas, plantas novas não chegam a produzir e plantas adultas tornam-se improdutivas em 2 a 5 anos (FUNDECITRUS, 2008). A transmissão ocorre naturalmente por insetos vetores (psilídeos) – *Diaphorina citri* e *Trioza erytreae* (BOVÉ, 2006). Existem três espécies diferentes da bactéria *Candidatus Liberibacter*, sendo denominadas em função dos continentes em que foram primeiramente detectadas, são elas: *Candidatus Liberibacter asiaticus*, *Ca. Liberibacter africanus* e *Ca.*

*Liberibacter americanus* (TEIXEIRA et al., 2005). O tipo asiático da bactéria está presente, além da Ásia, no Brasil, na Flórida e em Cuba. O tipo americano foi detectado, até o momento, somente no Brasil. Praticamente todas as espécies e variedades comerciais de cítricos são suscetíveis à doença (BOVÉ, 2006). A planta conhecida como murta ou falsa-murta (*Murraya paniculata*), utilizada largamente como espécie ornamental no Brasil, também é hospedeira dos tipos asiático e americano de *Ca. Liberibacter* e do inseto vetor *D. citri*.

### 2.1.1. Sintomas

O início do aparecimento dos sintomas ocorre nas folhas da planta e é caracterizado por ramos perdendo parte da sua coloração verde, apresentando-se parcialmente amarelas e verdes, sem uma delimitação clara entre essas duas cores. Esse tipo de sintoma é denominado “mosqueado”. Esse é o sintoma mais característico de plantas com HLB, tendo sido observado em todos os locais nos quais a doença foi descrita até hoje, independentemente do agente causal, do hospedeiro e da condição ambiental (BOVÉ, 2006). Há também uma assimetria dessas regiões verdes e amarelas, comparando-se os lados opostos do limbo foliar, delimitados pela nervura central. As folhas de ramos sintomáticos podem apresentar-se curvadas, de tamanho reduzido, com nervuras mais grossas e escurecidas (Figura 1). Em estágios mais avançados da doença podem ocorrer desfolha e morte de ponteiros.

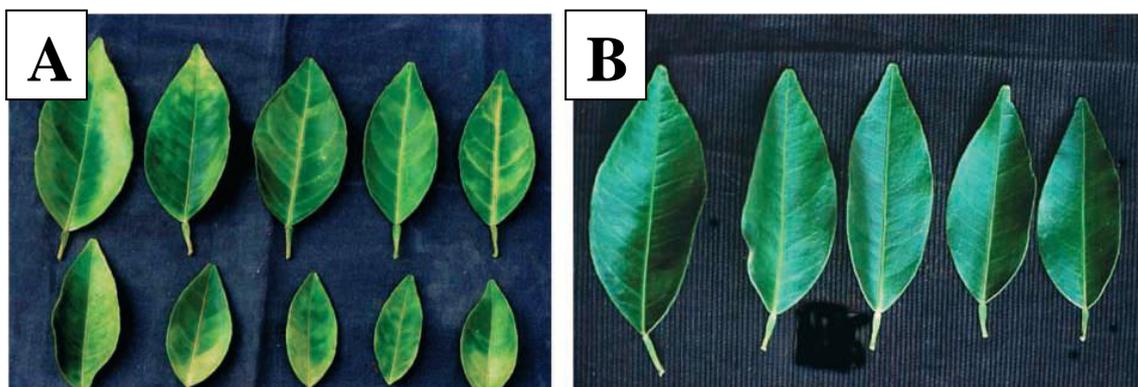


Figura 1 - Sintomas de HLB nas folhas (A) e folhas saudáveis (B). Fonte: BOVÉ, 2006.

Frutos de ramos sintomáticos podem apresentar-se de tamanho reduzido, assimétricos, incompletamente maduros e com a região estilar mantendo-se verde, diferentemente de frutos de ramos saudáveis. Cortes perpendiculares ao eixo desses frutos permitem a observação de assimetria dos mesmos e também de sementes abortadas e vasos alaranjados, conforme Figura

2 (BELASQUE JR et al., 2009a).

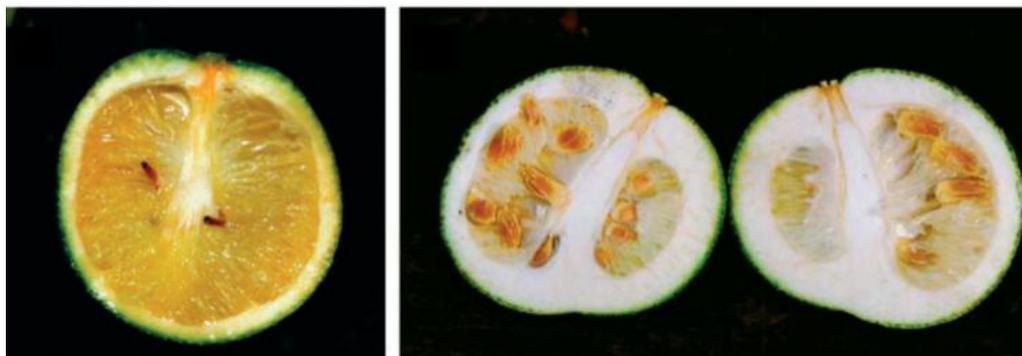


Figura 2 - Sintomas de greening nos frutos. Fonte: BOVÉ, 2006.

A queda de frutos sintomáticos é comumente observada em plantas doentes. Com o progresso dos sintomas aumenta a proporção de frutos sintomáticos e caídos. A redução na produção de frutos pode ser de até 100%, dependendo da proporção da copa afetada (BASSANEZI et al., 2006a). Segundo Belasque Jr et al. (2009a), o HLB não provoca a morte das plantas, mas ficam debilitadas e improdutivas com o passar dos anos. Observações de pomares afetados em diferentes regiões citrícolas do mundo, inclusive em São Paulo, revelam que pomares inteiros podem tornar-se inviáveis economicamente entre sete e dez anos após o aparecimento de primeira planta sintomática se medidas de controle não são adotadas. Esse tempo pode ser menor para pomares jovens, de até quatro anos, os quais se tornam economicamente inviáveis em até cinco anos (GOTTWALD et al., 2007). Além da queda precoce, frutos sintomáticos são menores e apresentam-se mais ácidos e com menores porcentagens de suco e sólidos solúveis, reduzindo a qualidade do suco (BASSANEZI et al., 2006a).

### **2.1.2. Controle do HLB**

Ainda não há medidas de controle efetivas e de baixo custo, nem mesmo métodos curativos, para o HLB. Desta forma, prevenir a infecção das plantas é fundamental no controle da doença (BELASQUE JR et al., 2009a). Foram realizadas tentativas de controle com a injeção de antibióticos (tetraciclinas), sem resultados promissores. Além do risco ambiental, uma vez interrompido o tratamento com antibiótico os sintomas reapareceram, ou seja, as plantas continuavam doentes (BOVÉ, 2006). Experimentos conduzidos com diferentes variedades de copa em diferentes idades e com plantas apresentando vários níveis de sintomas comprovaram que a poda também não funciona para o HLB, pois não cura a planta. A maioria das plantas

podadas tanto no tronco como na perna desenvolveram sintomas da doença entre 4 a 5 meses depois da poda (FUNDECITRUS, 2008). Ainda não são conhecidas fontes de resistência ao HLB e todas as espécies cítricas plantadas comercialmente no Brasil são susceptíveis à doença.

Atualmente, o controle preconizado está embasado em um tripé que inclui o plantio de mudas sadias, eliminação de plantas doentes e o controle do inseto vetor (*D.citri*) (TERSI, 2008). Medidas adicionais também devem ser empregadas, quando possível, como a eliminação das plantas de murta (*M. paniculata*), independentemente de sua localização. Cada uma dessas medidas de controle é abordada a seguir de forma mais detalhada.

#### **2.1.2.1 Plantio de mudas sadias**

Os citricultores devem adquirir mudas sadias, produzidas em viveiros protegidos, que seguem a legislação fitossanitária, garantindo assim que as mudas não estejam contaminadas e perpetuem a doença. Esta medida é obrigatória e fiscalizada pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, por meio da Coordenadoria de Defesa Agropecuária (CDA). A partir desta medida, todo material propagativo de citros, sementes, porta-enxertos e mudas, passaram a ser proibidos de serem produzidos a céu aberto e comercializados sem o controle de origem e sanidade. Os viveiros que produzem as mudas atualmente são cobertos com telas protetoras que auxiliam o controle de pragas e doenças dos citros, inclusive HLB.

#### **2.1.2.2. Inspeções**

Como apresentado, o HLB é uma doença de difícil manejo. Não são conhecidas medidas de controle curativas e plantas doentes devem ser eliminadas imediatamente após a detecção. Desta forma, há necessidade de inspeções periódicas, no máximo a cada 4 meses, para detecção e eliminação imediata de plantas com sintomas.

No estado de São Paulo, resultados encorajadores têm sido obtidos no controle do HLB por meio da remoção de árvores infectadas. Bové (2006) apresenta um estudo de setembro de 2004 a setembro de 2005, em que foram realizadas 10 inspeções em uma área de 71.000 árvores. O resultado apresentou queda do percentual de árvores infectadas de 7% para 0,05%, através da remoção das plantas doentes. O autor ainda complementa, afirmando que a doença não será erradicada, mas através da remoção das plantas infectadas, será possível conviver com a doença. Um estudo maior apresentado pela Revista Fundecitrus (FUNDECITRUS,

2008) mostra que a partir de 2007 foram inspecionadas 58,7 milhões de árvores de citros para verificar a presença de HLB em 10.421 propriedades de 211 municípios do estado de São Paulo. No total, 4.019 propriedades foram identificadas com suspeitas de ter a doença, representando 38,6% do total, o que revela a rápida dispersão da doença e a necessidade de uma ação conjunta de todos os citricultores.

No estado de São Paulo as inspeções são comumente feitas por inspetores caminhando a pé ao lado das plantas cítricas ou por dois ou quatro inspetores em plataformas montadas em tratores (conforme Figura 3 a seguir) ou ainda por inspetores montados em animais. Independente do tipo de inspeção, nenhum deles permite a detecção de todas as plantas infectadas com HLB.



(a)



(b)

Figura 3 - Plataformas de inspeção (a) simples, para 2 inspetores e (b) dupla, para 4 inspetores. Fonte: ARANTES, 2011.

Irey et al.. (2006) compara a inspeção visual com uma técnica de diagnóstico mais moderna e sensível, chamada PCR quantitativo em tempo real (técnica primeiramente descrita por Heid et al., 1996) e constata que apenas 57,6% das plantas infectadas apresentam sintomas da doença, restando 42,4% de plantas infectadas nos pomares ainda assintomáticas, ou seja, que ainda não apresentam sintomas.

Destas plantas infectadas sintomáticas presentes no pomar cítrico, Belasque Jr et al.. (2009a) revelam que em média apenas 47,6% são detectadas por equipes de inspetores caminhando a pé ao lado das plantas.

A partir destes dados, Belasque Jr et al.. (2009a) apresentam as bases científicas para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de HLB para o controle efetivo da doença. Considerando a presença de plantas infectadas ainda assintomáticas na plantação de citros e o fato de nem toda planta sintomática ser detectada pelas equipes de inspetores, em 2008 foi proposto um limiar para a erradicação de todas as plantas existentes no talhão, na proporção de 28% de plantas sintomáticas encontradas por uma única equipe de inspetores caminhando pelo chão. Segundo este critério, teoricamente se estaria eliminando talhões com

100% de plantas infectadas por HLB, tanto sintomáticas como assintomáticas.

As inspeções, portanto, permitem a identificação de apenas uma parte das plantas sintomáticas. A eficácia na detecção por parte dos inspetores depende de vários fatores, como acuidade visual, conhecimento, prática, experiência na detecção de plantas sintomáticas, severidade e localização dos sintomas na planta, incidência de raios solares que podem atrapalhar a visão dos inspetores, dentre outros. Comparando-se diferentes equipes de inspeção, observa-se uma grande variabilidade na eficácia de detecção de plantas sintomáticas, não somente entre equipes, mas variabilidade por uma mesma equipe (BELASQUE JR et al., 2010b).

Uma forma de minimizar esta variabilidade é a prática da inspeção cruzada, em que eventualmente uma equipe vistoria o talhão inspecionado por outra equipe a fim de identificar plantas sintomáticas que escaparam da primeira inspeção. Esta é uma prática bastante comum, compondo inclusive parte da remuneração variável da equipe de inspeção. Caso na inspeção cruzada sejam confirmados muitos escapes a equipe pode perder parte (até 25%) desta remuneração.

Comparando-se as diferentes formas de inspeção, a Revista do Fundecitrus (FUNDECITRUS, 2008) afirma que as inspeções feitas em plataformas geralmente encontram mais plantas sintomáticas que nas inspeções a pé, em especial em plataformas com quatro inspetores. Isso porque a eficiência da inspeção depende muito da observação dos sintomas nas copas das árvores e da identificação de que estes são de fato sintomas de HLB. Este é a questão central da variabilidade entre os inspetores e equipes de inspeção. Quanto maior a copa da árvore, tanto em altura quanto em diâmetro, mais dificilmente os olhos e a atenção do inspetor coincidem com as partes que apresentam sintomas. Desta forma as plataformas auxiliam nas inspeções, uma vez que aumentam o campo visual e a chance de observar a totalidade da copa das árvores.

Segundo Coletta-Filho e Carlos (2010), não há dúvidas de que as observações visuais são o modo mais prático, barato, rápido e conveniente para a diagnose do HLB, especialmente em campo. Portanto, para um efetivo controle da doença, as inspeções devem ser freqüentes em todas as plantas da propriedade, seguidas de imediata remoção das plantas detectadas com sintomas. As inspeções devem ser realizadas preferencialmente com plataformas de quatro inspetores, visando detectar o maior número possível de árvores sintomáticas. A vistoria não

pode ser tão rápida a ponto de deixar muitas plantas com sintomas para trás, nem tão lenta a ponto de ter um rendimento muito baixo. Um rendimento adequado para o trabalho é de 800 a 2 mil plantas vistoriadas por inspetor a cada dia.

Conforme descrito por Gonçalves (2011), as plantas detectadas com sintomas de HLB são marcadas com uma fita indicadora e imediatamente eliminadas. Segundo Tersi (2010), uma das causas prováveis do insucesso do manejo do HLB no Brasil e na Flórida (EUA) é o elevado tempo de permanência de plantas infectadas na plantação até sua erradicação. Desta forma, esta erradicação deve ser feita preferencialmente no mesmo dia da detecção da planta doente, por motosserra seguida de aplicação de herbicida no tronco para evitar novos brotamentos.

Conforme já comentado, as inspeções não detectam todas as plantas sintomáticas infectadas por HLB. Além das plantas sintomáticas, outras permanecerem no talhão de forma assintomática em virtude do período de incubação. Assim, Belasque Jr et al. (2010b) afirma que para um efetivo controle da doença são necessárias inspeções periódicas para erradicar não só as plantas sintomáticas, mas também as plantas escapes e as assintomáticas tão logo manifestem sintomas, para evitar que permaneçam como fonte de propagação da doença por muito tempo.<sup>7</sup>

Para que as inspeções sejam eficientes os inspetores devem ser capacitados e receber treinamento adequado. As condições de trabalho devem permitir que estes trabalhadores exerçam sua função com o máximo de atenção e motivação para a atividade. Devido a não existência de outras estratégias de controle do HLB, é necessária a eliminação imediata das plantas sintomáticas para controlar efetivamente a doença, mas para tanto é preciso primeiramente identificar estas plantas no campo.

Mesmo em pomares nos quais ainda não foi constatada a presença de plantas com HLB é recomendada a prática de inspeções constantes. Neste caso, as inspeções podem ser concentradas nas plantas das primeiras ruas da periferia da propriedade que fazem divisa com outros pomares onde pode haver incidência de HLB (GOTTWALD et al., 2007). Assim que detectada a ocorrência das primeiras plantas sintomáticas deve-se realizar a inspeção em todas as plantas do talhão, uma a uma, uma vez que a distribuição das plantas doentes no pomar varia aleatoriamente devido ao psílídeo vetor da doença ser um inseto alado, o que inviabiliza uma inspeção amostral.

Bové (2006) compara a epidemiologia do HLB com outra doença do citrus, o cancro cítrico. Para o cancro cítrico o controle envolve a remoção, não só da planta infectada, mas de todas as plantas num raio de 30 metros de distância. O autor afirma que esta estratégia é provavelmente inadequada para o HLB, uma vez que os insetos vetores se movem não somente para as árvores vizinhas (foco primário), mas também para árvores localizadas de 25 a 50 metros de distância (foco secundário). Além disso, os psíldeos podem se mover a uma distância de pelo menos 1.5 Km com o vento e provavelmente muito mais que esta distância com os furacões e tempestades tropicais como as que ocorrem principalmente na Flórida.

### 2.1.2.3. O controle do psíldeo vetor *Diaphorina citri*

O controle do psíldeo *D.citri* (Figura 5), vetor da bactéria *Candidatus liberibacter* é outra medida de controle do HLB, que objetiva tanto a redução da população de insetos infectivos como as chances de aquisição e transmissão da bactéria causadora da doença.



Figura 4 - *Diaphorina citri*. CITRUSB (2011).

Um dos pontos importantes para o manejo do *D.citri* é o monitoramento da população por meio de armadilhas adesivas nos pomares para verificar a presença do inseto. A partir da detecção do inseto nas plantações, inicia-se o controle químico.

No entanto, o fato da existência do inseto nos pomares não representa risco por si só. O risco existe quando há a presença de insetos infectivos. Como não existem ainda métodos simples aplicáveis em campo para detectar quais insetos são ou não infectivos, a medida primordial para o controle da infestação ainda é a redução do inóculo de HLB. É nesses inóculos que o inseto adquire os patógenos associados ao HLB durante sua alimentação. Portanto, é primordial a eliminação das plantas doentes como medida associada ao controle do psíldeo

*D.citri* para prevenir a contaminação das plantas sadias.

Com relação ao controle do psilídeo efetivamente, o método utilizado é a aplicação de inseticidas. No entanto, sua aplicação deve ser criteriosa e iniciada apenas quando o inseto é detectado no pomar. Segundo Belasque Jr et al. (2010b), uma questão importante da aplicação dos inseticidas é o risco de se criar populações do vetor resistentes. Para evitar este risco deve-se alternar a aplicação de inseticidas de diferentes grupos. Outra desvantagem desta forma de controle está na possibilidade de chuvas ou novas brotações nas plantas, que causam uma redução no período residual do inseticida utilizado.

De qualquer forma, tanto a erradicação de plantas doentes quanto o monitoramento do vetor são medidas extremamente importantes para o controle do HLB na citricultura. Ambas as medidas devem ser integradas para um controle eficiente da doença, uma vez que são complementares, e não excludentes. Se aplicadas com rigor, as chances de um controle efetivo são maiores.

Belasque Jr et al. (2010b) chama a atenção pelo fato de que, apesar das duas estratégias serem necessárias para um controle efetivo de HLB, muita ênfase se tem dado ao controle do vetor e pouca para a eliminação das fontes de inóculo, atribuindo a este fato o motivo para a rápida expansão da doença no estado de São Paulo.

Apesar da difícil tarefa, é possível e necessário controlar o HLB para a manutenção deste importante setor agrícola brasileiro. Há a necessidade de maior envolvimento de todos os citricultores, principalmente por meio das inspeções e erradicação das plantas doentes detectadas, para evitar que pomares sem controle sirvam de foco de proliferação da doença.

O foco então deve ser aumentar a eficiência nas inspeções e erradicações das plantas doentes, uma vez que atualmente apenas aproximadamente metade das plantas sintomáticas são detectadas (MILORI, 2008). Além disso, essa estratégia é menos custosa que o controle do vetor, e ajuda a eliminar o inóculo da doença.

### **2.1.3. Impacto econômico do manejo de HLB**

Muito tem se questionado com relação à viabilidade econômica da citricultura devido ao aumento do custo de produção para controlar o HLB.

Fukuda et al. (2010) analisa o impacto dos custos relacionados ao manejo de HLB, por um

estudo comparativo entre áreas com e sem o manejo da doença. A partir do estudo utilizando dados dos preços vigentes na Safra Industrial 2008/2009, verificou-se que as áreas com a presença de HLB apresentaram um aumento de 26,4% do uso anual de horas-máquina (HM) com pulverizações, devido às aplicações adicionais de inseticidas. E mais 1,2 a 1,9 HM/hectare/ano com as inspeções. No caso da mão-de-obra, o acréscimo foi de 47,9% no total, ficando para os insumos (em especial inseticidas para controle do psilídeo) o maior impacto, representando acréscimo de US\$118,00/hectare/ano.

O autor também verifica que o impacto da doença para o produtor é fortemente influenciado pelo valor de venda da caixa de laranja. Se fixado hipoteticamente o custo de colheita e frete em US\$1,50 por caixa, verifica-se que para o preço de venda de US\$7,00/cx são necessários 86 caixas de laranja por hectare, sendo que para o valor desta última safra 2009/2010, com os produtores recebendo cerca de US\$3,00/cx, são necessárias 315 caixas de laranja por hectare, para realizar o mesmo trabalho contra a doença.

Portanto, para que a produção de laranja seja economicamente sustentável, é necessário um aumento significativo da produtividade para aplicar as ações de manejo de HLB, e este aumento deve ser ainda maior nos anos que o preço de venda da laranja não é satisfatório. O autor ainda propõe técnicas para aumentar a produtividade como, por exemplo, irrigação e o adensamento de plantio. Tersì (2010) afirma que, no intuito de reduzir a perda de produtividade devido à doença, houve um aumento significativo do adensamento de plantio em novos pomares de uma grande propriedade na região de Matão, SP, nos últimos seis anos, passando o número de 400 plantas por hectare para 800 no período.

Para Boteon e Pagliuca (2010), o atual modelo de produção, apesar da alta escala de produção, adensamento, irrigação e produção exclusiva pra a indústria de suco, deve ser insuficiente para reduzir os custos de produtividade num futuro próximo, devido à limitação dos ganhos de produtividade pela incidência de HLB. Desta forma os autores, assim como Tersì (2010) afirmam que possivelmente a solução definitiva para o manejo do HLB será o desenvolvimento e utilização de variedades cítricas resistentes. No entanto ainda complementam, afirmando que esta solução pode levar anos e que é muito improvável ocorrer ainda nesta década. Na conclusão do trabalho, os autores apontam a necessidade de mais ações coletivas (técnicas e comerciais) para a redução dos custos, principalmente por meio de controle coletivo fitossanitário, de forma a evitar que os pomares sem controle da doença

servam como foco de infecção àqueles que têm controle sistemático de HLB.

Conforme já mencionado, ainda não existem métodos curativos contra a doença, mas é possível conviver com ela por meio de um controle coletivo eficiente.

A seguir será apresentado o trabalho dos inspetores de HLB da citricultura, objeto desta pesquisa.

## **2.2. O trabalho dos inspetores de HLB**

Para se compreender o trabalho dos inspetores de HLB, utiliza-se como referência o trabalho de Gonçalves (2011), que foi o primeiro da literatura a buscar entender o esta atividade no sentido de identificar os constrangimentos físicos, cognitivos e organizacionais envolvidos na realização da tarefa e caracterizar as estratégias operatórias utilizadas pelos inspetores para identificar as plantas doentes em campo. Este capítulo, portanto, se dedica a recuperar os conhecimentos gerados no trabalho de Gonçalves (2011) para elucidar quais aspectos dificultam a identificação dos sintomas durante a atividade de inspeção de HLB.

### **2.2.1. Análise da atividade**

Seguindo as formas de abordagem sugeridas pela Análise Ergonômica do Trabalho (AET), Gonçalves (2011) buscou se aproximar dos atores envolvidos com a inspeção de HLB visando compreender e reformular da demanda inicialmente apresentada com relação aos “escapes” (plantas com sintomas que não foram identificadas). Segundo a autora, a demanda inicial não ficou evidente, de forma que o que se percebia inicialmente era uma facilidade inerente aos inspetores em confirmar os sintomas. No entanto, com o tempo foi aumentando a compreensão em relação aos escapes, bem como sobre as muitas dúvidas com relação à detecção de plantas com sintomas muito iniciais. Após várias visitas a demanda foi confirmada com relação às dificuldades dos inspetores de HLB em detectar e diagnosticar os sintomas nas plantas.

Como parte da AET realizada por Gonçalves (2011), foi feita a Análise da Atividade para caracterizar a atividade de inspeção visual de HLB. A Figura 6 abaixo descreve detalhadamente como é realizada a detecção de HLB em campo por inspeções visuais em plataformas:

Foto da Atividade	Descrição do Processo	Observações	Próxima Operação
	<p><b>Procurar pelos sintomas ou brotos (ou continuar a inspeção):</b> Etapa em que os inspetores observam as plantas em busca de sinais que levem a suspeita do HLB. Também faz parte desta etapa procurar por brotos em plantas previamente erradicadas. No exemplo da foto, tem-se uma plataforma dupla com quatro inspetores: dois posicionados no piso inferior e dois posicionados no piso superior.</p>		<p>Encontrar sintomas ou brotos.</p>
	<p><b>Encontrar os sintomas ou brotos e sinalizar ao tratorista:</b> Ao encontrar forte suspeita da doença ou ao encontrar brotos, o inspetor sinaliza tocando uma buzina acoplada à plataforma (conforme indicado na figura). A buzina é um indicador de que o tratorista deve parar o trator para que o inspetor possa avaliar a suspeita com mais cuidado ou cortar o broto.</p>		<p>Indicar a suspeita ou o broto.</p>



**Indicar a suspeita ou broto:** Após o tratorista parar o trator e plataforma, o inspetor que identificou a suspeita indica ao tratorista e aos inspetores em que planta e em qual galho se encontra a suspeita conforme a figura. Ou, no caso de brotos, o inspetor indica onde está o broto.

Confirmar os sintomas ou podar o broto.



**Confirmar os sintomas:** Após encontrado o galho que se destacou aos olhos de um dos inspetores da plataforma, os inspetores mais próximos do galho se aproximam para confirmar se a suspeita confere com os sintomas do HLB. A confirmação dos sintomas pode ser realizada com os inspetores sobre a plataforma ou no chão (figura seguinte). Este fator depende principalmente da altura em que o galho com sintomas se encontra.

Para a verificação, o tratorista aproxima a plataforma em direção a planta, geralmente de marcha ré, pois quando o inspetor opta por buzinar, em grande parte das vezes, o trator já havia se adiantado em uma, duas ou três plantas a frente. Outra consideração é que nem sempre a suspeita se confirma, e os inspetores continuam a procurar os sintomas.

Amarrar a fita ou continuar a inspeção



**Confirmar os sintomas em chão:** Neste caso a suspeita estava em local baixo e os inspetores desceram da plataforma para verificar se a suspeita procedia.

Amarrar a fita ou continuar a inspeção.



**Amarrando a fita:** Se a suspeita encontrada apresentar sintomas condizentes com os sintomas do HLB, os inspetores amarram uma fita, geralmente amarela, para que a planta possa ser erradicada posteriormente.

Estando em cima da plataforma, o inspetor pode ter uma visão mais próxima do galho suspeito e tem melhor alcance para amarrar fita de marcação, caso seja necessário

Retornar a plataforma para procurar pelos sintomas do HLB ou por brotos



**Amarrando a fita em chão:** Quando o alcance em cima da plataforma fica prejudicado pela distância do galho, o inspetor opta por descer da plataforma e amarrar a fita. Também é necessário que um dos inspetores desça da plataforma para amarrar a fita do outro lado da rua conforme se solicita nos procedimento operacional

Retornar a plataforma para procurar pelos sintomas do HLB ou por brotos.



**Podar o broto:** Encontrado o broto, um dos inspetores desce da plataforma, pega uma ferramenta (facão) para poda e corta o broto da planta erradicada.

Aplicação do herbicida



**Aplicação do herbicida:** Após cortado o broto, o inspetor, que estiver com o uniforme adequado para o procedimento, aplica o herbicida no local onde foi cortado o broto com a intenção de evitar que nasçam novos brotos.

Retornar a plataforma para procurar pelos sintomas do HLB ou por brotos.

Figura 5 - Ilustrações das ações da atividade de inspeção na Cambuhy Agrícola, acompanhadas de sua descrição, observações e sequência. Fonte: GONÇALVES, 2011.

A partir da caracterização da atividade, Gonçalves (2011) identificou importantes estratégias utilizadas pelos inspetores para procurar e identificar plantas doentes. Para melhor entender este contexto, a autora divide a tarefa de inspeção em duas etapas: **Identificação do “pé candidato”**, quando o inspetor está observando as plantas com a plataforma em movimento; e **Análise Fina**, quando, após parar o trator, a plataforma se dirige ao pé candidato e, então, com o trator parado, o inspetor pode examinar a suspeita com mais cuidado.

a) Identificação do “pé candidato”

A identificação do pé candidato está relacionada ao processo de detecção da planta pelo inspetor à distância, em movimento. O primeiro sintoma que os inspetores relatam buscar é o ramo amarelo, ou seja, folhas com o sintoma de mosqueamento característico da doença de HLB. Quando há a presença de frutos na planta, este é o segundo fator a ser considerado. Neste caso, os inspetores procuram por frutos deformados, tortos, murchos, com coloração verde amarelada ou acinzentada, com fase de maturação diferente dos demais. Quando não há frutos na planta, os inspetores recorrem novamente à sintomatologia da folha, comparando

com outras doenças de sintomas semelhantes, bem como deficiências nutricionais. Outra característica procurada pelos inspetores é a presença de galhos desfolhados, no entanto este é um sintoma tardio e em propriedades com um controle rigoroso de HLB não espera-se encontrar este tipo de característica.

Um fator de grande importância foi revelado ao analisar a atividade de alguns inspetores mais experientes. Em folhas contaminadas com HLB, foi verificado um aspecto pontiagudo e empinado, também chamado de “envassouramento” do ramo (Figura 7 e 2.8).



Figura 6 - Ilustração do aspecto pontiagudo e empinado das folhas observado pelos inspetores. Fonte: GONÇALVES, 2011.



Figura 7 - Ilustração do aspecto pontiagudo e empinado das folhas observado pelos inspetores. Fonte: GONÇALVES, 2011.

Outros aspectos ainda podem ser verificados pela manifestação dos próprios trabalhadores. Alguns inspetores identificaram foi um “aspecto de um plástico” das folhas e acrescentam que retêm menos sujeira. Verifica-se também que alguns inspetores conseguem visualizar sintomas mesmo em folhas que sejam vistas por baixo, ou “de costas”, pois quando irradiadas pelo sol é possível enxergar as oscilações do verde e amarelo. Desta forma, minimiza o problema de não vê-las por cima quando estão posicionados em alturas inferiores a altura do sintoma (GONÇALVES, 2011). Outra estratégia apontada é antecipar a procura em umas duas ou três árvores adiante. Ou seja, ao invés do inspetor visualizar as árvores à sua lateral, ele procura em torno de duas ou três árvores à frente com o objetivo de ampliar seu campo visual. Uma vez avistada uma suspeita em uma planta adiante, o inspetor tem a oportunidade e tempo de verificar se os aspectos que levantaram suspeita são suficientes para solicitar uma parada ao tratorista.

#### b) Análise Fina

Uma vez parado o trator, passa-se para a fase de análise fina de confirmação dos sintomas. Primeiramente examina-se o galho que chamou a atenção do inspetor, para verificar a presença do mosqueamento característico de HLB. Caso confirmado o mosqueamento, é verificada a presença de galhos machucados ou descascados ou se há ocorrência de outras doenças como rubelose (Figura 10) ou se a raiz tem broca-da-laranjeira, que prejudica a passagem de seiva e conseqüentemente proporciona sintomas parecidos com o HLB. Pode haver também a presença de outras doenças como a Clorose Variegada de Citrus - CVC (Figura 11), escama-farinha (Figura 12) ou deficiências nutricionais (Figura 13) que podem manifestar sintomas similares e dificultar a identificação de HLB.



Figura 8 – Sintomas de rubelose em folhas de citrônio. Fonte: ARANTES, 2012.



Figura 9 – Sintomas de Clorose Variegada de Citrus – CVC. Fonte: ARANTES, 2012.



Figura 10 - Escama-farinha.. Fonte: Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

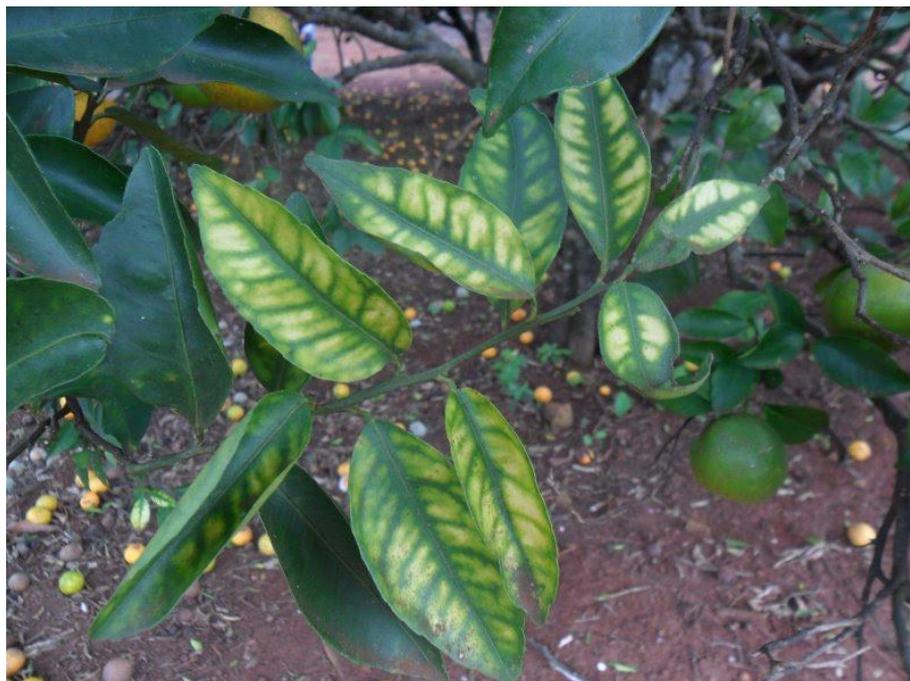


Figura 11 – Sintoma de deficiência nutricional de zinco em folhas de citrus. Fonte: ARANTES, 2012.

Outros sintomas que auxiliam os inspetores a confirmar o HLB na planta são verificados nos frutos, como presença de sementes abortadas e amadurecimento assimétrico (Figura 2), além de um aspecto avermelhado no ponto de inserção do fruto onde foi retirado da planta (Figura 14).

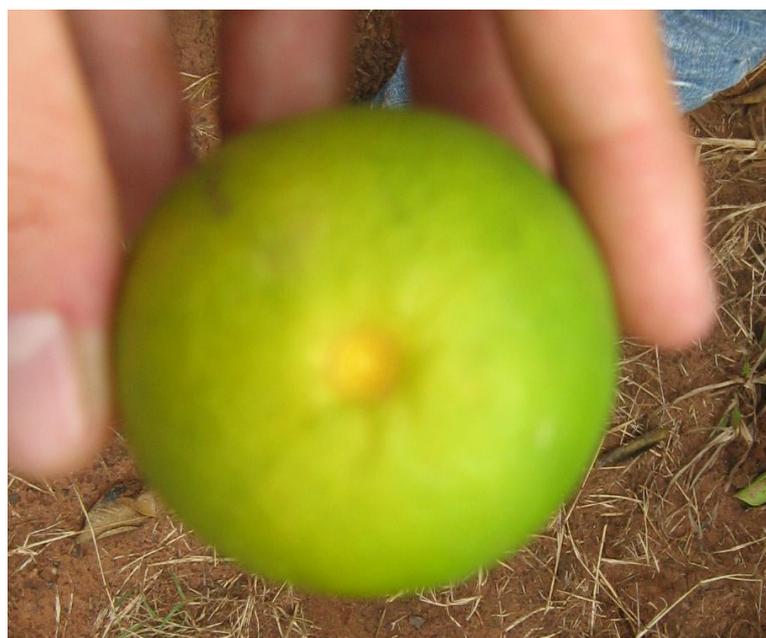


Figura 12 - Ponto de inserção avermelhado. Fonte: ARANTES, 2013.

### **2.2.2. Condicionantes e constrangimentos da atividade de inspeção de HLB**

A seguir são apresentados alguns dos condicionantes identificados por Gonçalves (2011) que dificultam os inspetores a detectar o HLB em campo.

- Variação do sol. É o que mais dificulta a inspeção, principalmente no começo da manhã, entre 7h e 9h e após as 15h. A claridade e incidência de raios solares podem ofuscar a visão acarretando em dificuldades para visualizar os sintomas nas plantas, assim como sombras sobre as folhas;
- Vegetação nova. Por apresentar folhas com coloração mais clara, estas se destacam similarmente ao HLB, dificultando a inspeção;
- Distinção de outras doenças dificulta a detecção de HLB, conforme já mencionado no tópico Análise Fina;
- Posicionamento na plataforma. No piso inferior das plataformas duplas, quando o talhão possui ruas estreitas, os inspetores precisam desviar de galhos e tem o campo visual reduzido devido à proximidade das plantas.
- Cansaço físico, principalmente após as 15h no final do expediente. Foram identificadas dores nas pernas devido ao posicionamento que assumem em pé durante todo o dia de trabalho, e também nos braços, devido à vibração e oscilação da plataforma em terrenos irregulares.
- Cansaço mental no final do expediente devido à concentração e visualização das plantas. Distração e falta de atenção também foram verificadas após o almoço devido à sonolência;
- Metas diárias estabelecidas pela fazenda em relação ao número de plantas a serem inspecionadas. Quando se está mais distante de cumprir a meta, as equipes optam por acelerar a velocidade da plataforma, o que prejudica a inspeção.

Expostos os condicionantes da atividade, Gonçalves (2011) analisa as exigências (constrangimentos) da tarefa que podem restringir a capacidade de articulação do inspetor e a partir das quais os trabalhadores realizam esforço para poder atingir o objetivo de detectar plantas doentes em campo.

Em ergonomia da atividade, para se analisar a atividade se utiliza das dimensões física, cognitiva e organizacional. Embora, para facilitar a compreensão, estas possam ser analisadas

separadamente, Wisner (2004) afirma que os componentes físicos, psíquicos (ou cognitivos) e organizacionais estão sempre presentes, ainda que às vezes um deles se sobressaia sobre o outro.

Para a atividade de inspeção de HLB, Gonçalves (2011) verifica a existência de constrangimentos predominantemente de dimensão física, visto que é um trabalho rural em que o inspetor fica exposto ao sol por longo período de tempo. Quanto à dimensão organizacional, identifica aspectos que envolvem as plataformas e condições dos talhões inspecionados, além das metas de rendimento de inspeção. Com relação à detecção de plantas doentes, verifica-se exigências cognitivas associadas à visualização dos sintomas e diferenciação de outras doenças, bem como tomada de decisão em curto espaço de tempo (GONÇALVES, 2011).

Em função da realidade do trabalho de inspeção revelada por Gonçalves (2011), as exigências cognitivas associadas a esta atividade são tomadas como foco desta pesquisa. A seção a seguir apresenta conceitos de ergonomia cognitiva e uma análise mais detalhada dos mesmos em relação ao trabalho de inspeção de HLB, no sentido de buscar soluções para melhorar a eficiência das inspeções por meio da concepção de dispositivos a partir da abordagem da ergonomia da atividade.

### **2.2.3. Ergonomia cognitiva e inspeção de HLB**

A perspectiva da ergonomia visa recompor o corpo de conhecimento a respeito do trabalho a partir da sua análise pelo viés da atividade. Um dos pontos essenciais para esta análise é a compreensão da cognição humana, ou seja, de como as pessoas percebem e agem a partir das informações que captam do ambiente. Os ergonomistas buscam compreender como os processos mentais se expressam nas situações em que estão envolvidas decisões que levam às ações. A partir desta compreensão muitas tarefas podem ser transformadas para melhorar o conteúdo e as condições de trabalho. Por isso, nesta seção será apresentado como este processo ocorre em ergonomia, mais especificamente ergonomia cognitiva, considerando os aspectos cognitivos do trabalho de inspeção visual de HLB destacados por Gonçalves (2011).

A ergonomia cognitiva busca entender como os trabalhadores regulam a situação de trabalho ao solucionar os problemas decorrentes da discrepância entre o que é prescrito (tarefa) e a

realidade encontrada (WEILL-FASSINA, 1990 apud ABRAHÃO et al., 2005). Para isso, encontra fundamentação nas áreas do conhecimento que estudam a percepção e a cognição humana. Segundo Abrahão et al. (2009), no trabalho atuam dois processos articulados: como as pessoas captam as informações, **processos perceptivos**; e como elas as entendem e as organizam, **processos cognitivos**. “Percepção é um conjunto de processos pelos quais recebemos, reconhecemos, organizamos e entendemos as sensações recebidas dos estímulos ambientais” (ABRAHÃO op.cit. p. 149).

Da mesma forma, para Cybis (2010) o estímulo é um fenômeno natural que causa reação dos órgãos sensitivos humanos. E sensação é a resposta neurofisiológica ao estímulo sensorial. Para o autor, estes aspectos estão associados a um tratamento cognitivo que chama de **processos neurofisiológicos ou de detecção**. Outros processos vão ao encontro de Abrahão et al. (2009), chamados de **processo perceptivo ou de discriminação**, que visa organizar e classificar as sensações geradas. E um terceiro chamado **processo cognitivo ou de interpretação**, que é o que dá significado às informações.

A informação que resulta dos processos de sensação e de discriminação é muitas vezes incompleta, seja porque se vê o objeto muito rapidamente, ou de uma posição desfavorável, ou ainda sob má iluminação. Mas, mesmo que incompleta, essa informação possui elementos diferenciadores que permite que uma informação parecida seja ativada na memória após a análise das condições do contexto que a percepção é realizada (CYBIS, 2010). Abrahão et al. (2009), concorda afirmando que, uma vez detectado o estímulo pela via sensorial, os processos cognitivos ativam uma busca de eventos e outras informações que ajudam a interpretá-lo, achar soluções, armazená-lo ou até mesmo procurar mais dados no ambiente.

A relação do trabalhador com os conhecimentos é particular de cada indivíduo. Segundo Cybis (2010), o tratamento e produção de conhecimento são realizados de forma simbólica como representações mentais a partir de suas experiências com a realidade. Moreira (1997) define modelo mental como uma representação interna de informações que corresponde analogamente com aquilo que está sendo representado no mundo externo. Para Abrahão et al. (2009), a representação é uma estrutura cognitiva, que pode ser um modelo mental, um mapa mental ou um esquema, cuja função é permitir que a pessoa possa compreender a situação na qual se encontra e recuperar seus conhecimentos para agir. Estes modelos mentais são

personais e intransferíveis, uma vez que cada indivíduo cria o seu próprio modelo mental a partir das experiências, competências e habilidades e assim reage a cada situação de forma particular. Os modelos mentais são também incompletos, uma vez que os conhecimentos são reconstruídos no percurso da atividade de trabalho, e possuem caráter dinâmico na mesma medida que se alteram em função das experiências e habilidades, mutáveis no tempo.

Segundo Abrahão et al. (2009), as representações construídas agregam, a cada recuperação, mais informações contidas no ambiente, reestruturando o modelo mental relacionado a ela, o que traz a questão do aprendizado e experiência no trabalho, por isso, segundo Cybis (2010), as representações se apresentam simplificadas nos iniciantes e ao contrário, detalhadas nos experientes. Para Moreira (1997), a distinção entre especialistas e novatos, no que diz a respeito ao raciocínio, estaria na diferença do espaço disponível na memória de trabalho para construir e manipular modelos mentais complexos.

Compreender o contexto do trabalho, como os trabalhadores articulam seus conhecimentos para interpretar, definir estratégias e agir na situação-problema definida pela tarefa, permite ao ergonomista identificar as representações que o trabalhador tem do seu próprio trabalho. Ao ter acesso às representações para ação dos trabalhadores, o ergonomista “identifica os elementos que auxiliam a propor alterações no aplicativo e/ou ambiente de trabalho de modo a facilitar a recuperação dos conhecimentos mais relevantes à ação. Da mesma maneira ele pode sugerir maneiras de facilitar a apreensão das informações ou mesmo de não sobrecarregar a memória de trabalho com informações que o ambiente pode fornecer.” (ABRAHÃO et al., 2009, p. 165)

Na atividade de inspeção de HLB, a cor (folha “mosqueada”) é um estímulo proveniente do meio ambiente e captado pela visão dos trabalhadores. Este fator é considerado como um dos principais na identificação de plantas suspeitas de infecção por HLB. Gonçalves (2011) apresenta em seu estudo que a partir deste processo perceptivo, o processo cognitivo é ativado em busca dos demais sintomas complementares para confirmação do diagnóstico a respeito da doença. A Figura 13 a seguir mostra a representação feita pela autora sobre a estratégia mental utilizada pelos inspetores para detectar o “pé candidato”.

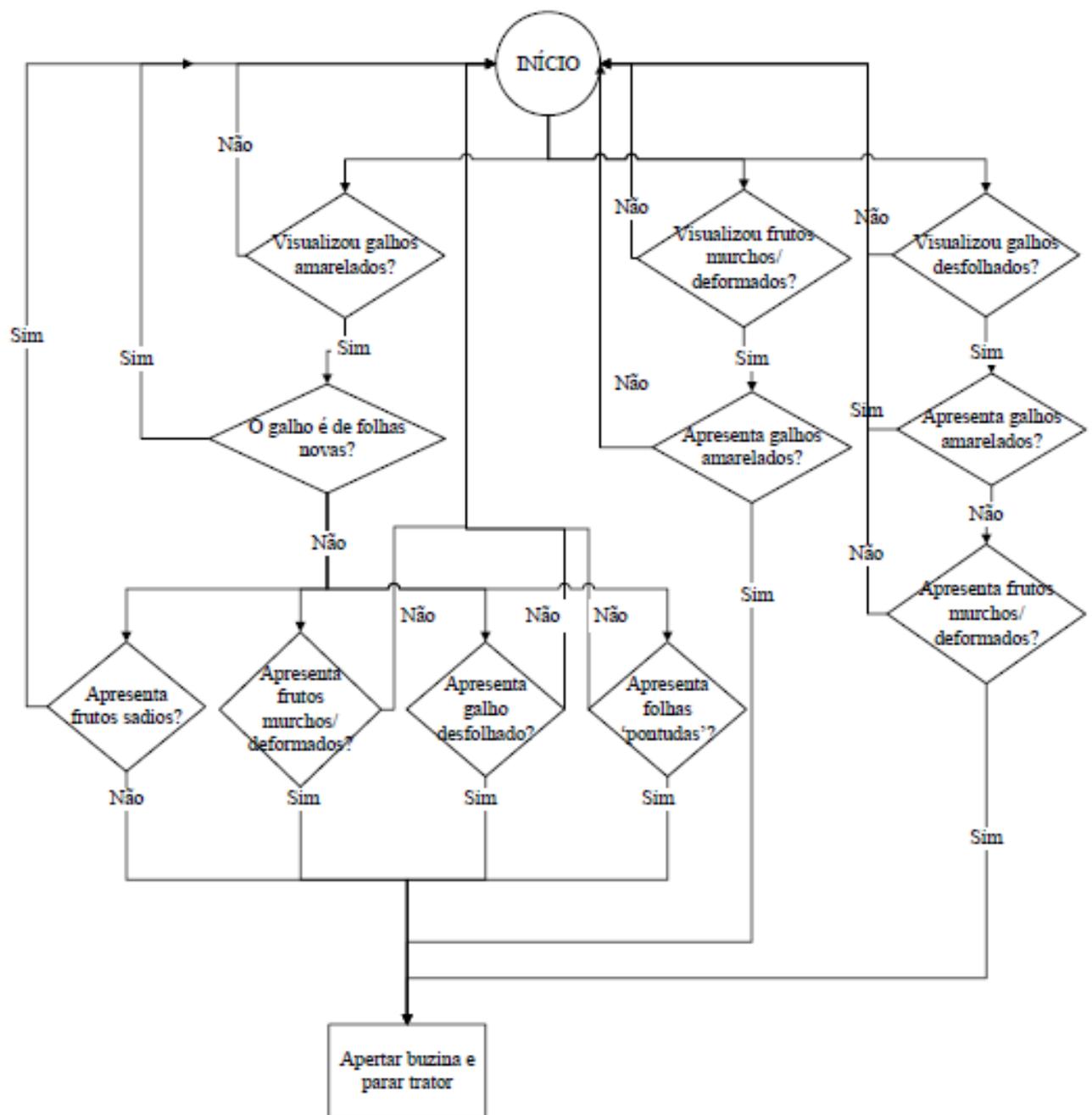


Figura 13 - Representação da estratégia mental verificada na etapa de Identificação do “pé candidato”.  
 Fonte: GONÇALVES, 2011.

A análise fina, ou confirmação da suspeita, também é acompanhada de estratégias mentais, como pode ser ilustrado no fluxograma a seguir (Figura 14):

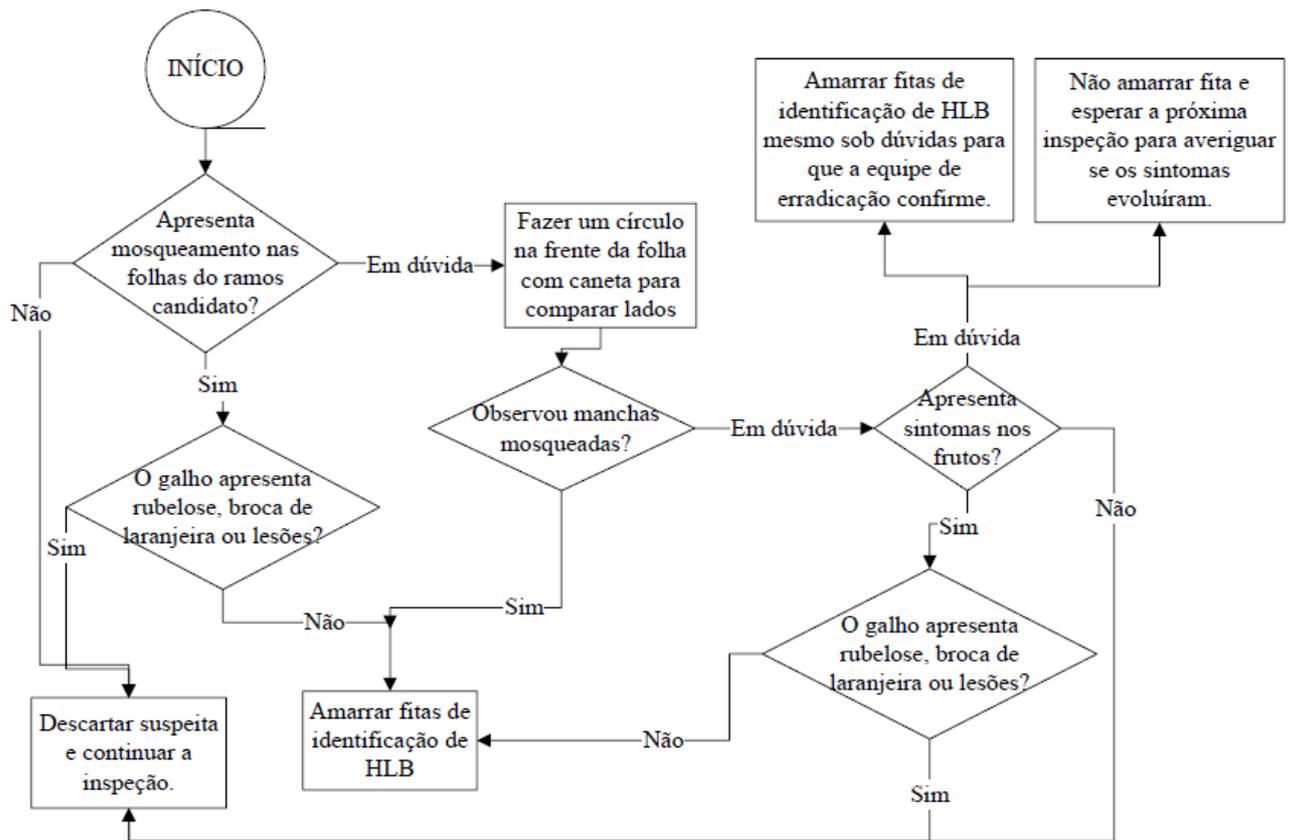


Figura 14 - Representação da estratégia mental verificada na etapa de Análise Fina dos sintomas.  
Fonte: GONÇALVES, 2011.

Assim, Gonçalves (2011) revela a exigência de conhecimento, habilidade e experiência, uma vez que o HLB apresenta sintomas similares a outras doenças, como Clorose Variegada dos Citros (CVC), rubelose e escama-farinha, além das deficiências nutricionais de zinco e manganês. O inspetor necessita então imaginar os sintomas de HLB para reconhecê-los e não os confundir com os demais, o que põe em evidência a uma tarefa com habilidades cognitivas como atenção, concentração e memória. A exigência cognitiva se torna ainda maior se considerar que cada inspetor em plataformas inspeciona de 1750 a 2500 plantas por dia, dependendo se em plataforma simples ou dupla. Somado a isso, as metas definidas pelas fazendas e a remuneração variável a que os inspetores estão sujeitos a perder caso deixem plantas com sintomas para trás e estas sejam identificadas no repasse, adicionam maior carga de responsabilidade dos inspetores em relação a sua atividade. Alves (2002) apud Gonçalves (2011) afirma que a exigência de responsabilidade e atenção no desenrolar das atividades

conduz ao aumento da contração muscular estática, que contribui para a sobre carga muscular do globo ocular.

Uma vez que a visão é o principal meio de trabalho do inspetor, problemas com a claridade, reflexo dos raios solares, sombra sobre as folhas, oscilações de direção dos raios solares e oscilação de nuvens que alteram a iluminação das plantas, e alteração frequente da distância entre objeto de observação e inspetor, provocam variações na solicitação visual (IVEGARD, HUNT, 2009; GRANDJEAN, 1998 apud GONÇALVES, 2011). Estas variações exigem um trabalho muscular contínuo dos músculos oculares, que conduz à fadiga visual e, conseqüente, diminuição das habilidades visuais.

Outra habilidade cognitiva importante identificada pela autora está relacionada à tomada de decisão, percebida em vários momentos da atividade. Por exemplo, ao encontrar um aspecto que desperta suspeita na planta, o inspetor deve ser ágil em decidir, individualmente, por parar ou não o trator. Parado o trator, também é posto em prova a decisão de qualificar a planta por doente ou não. Esta última decisão geralmente tomada em parecer coletivo.

Uma dos aspectos cognitivos de maior relevância identificada por Gonçalves (2011) foi a ausência de treinamento formal que contemple as duas etapas de inspeção em plataformas: Identificação do “pé candidato” e Análise Fina. Esta ausência de treinamento formal implica necessariamente em um processo de reajuste pelos inspetores, para garantir a conclusão da tarefa. A ausência de treinamento formal e de maneira geral de organização formal do trabalho fomenta a distância entre trabalho real e trabalho prescrito, dando maior abertura para a existência de variabilidade ou imprevistos, cuja existência diminui a possibilidade de antecipação (VASCONCELOS, 2008 apud GONÇALVES, 2011) e, portanto, torna a carga de trabalho mais densa.

As questões relativas aos aspectos cognitivos, variabilidade inerente à atividade de inspeção e tomada de decisão, serão retomadas no capítulo 4 com o intuito de realizar a reflexão colocada na introdução a respeito destas especificidades da atividade de inspeção e as limitações geradas quanto à sua automação. Por enquanto, relacionamos esta questão com a conclusão de Gonçalves (2011), baseada nas premissas da ergonomia da atividade. Os constrangimentos revelados em seu estudo conduzem fortemente os inspetores para a adoção de maneiras particulares de lidar com o trabalho que não se encontram nas prescrições da

tarefa, de forma que o conjunto dos constrangimentos impostos aos inspetores determinam estratégias e modos operatórios diferentes do esperado na elaboração dos objetivos da tarefa. Os trabalhadores inclusive redefinem constantemente os objetivos para objetivos próprios com a intenção de manter o funcionamento do sistema (LEPLAT, 2006 apud GONÇALVES, 2011).

Em relação aos problemas de origem cognitiva, Gonçalves (2011) faz recomendações de medidas para favorecer o trabalho mental, proporcionando descanso e conforto mental, como pausas, e recomendações que auxiliem o esforço visual e medidas que promovam maior discernimento e agilidade na identificação da doença. Levando-se em consideração estas recomendações, o objetivo desta pesquisa pode ser redefinido para o **desenvolvimento de um dispositivo de ajuda perceptiva na identificação do ramo amarelo em inspeções visuais de HLB**, já que esta característica é essencial na estratégia visual dos inspetores (GONÇALVES, 2011).

Uma vez que esta pesquisa se dedica ao desenvolvimento de um dispositivo em função da realidade de trabalho observada por Gonçalves (2011), se faz interessante analisar os aspectos cognitivos da introdução de um novo dispositivo no contexto de trabalho.

Quando há inserção de uma nova tecnologia ou artefato no trabalho, existe uma nova realidade. Logo, novas informações surgem dessa realidade e após detectadas ativam o processo perceptivo e cognitivo, conseqüentemente influenciam na ação dos trabalhadores. Cada novo elemento do trabalho altera a natureza da tarefa a ser realizada e solicita dos usuários competências diferenciadas. As competências são o que operacionalizam os conhecimentos e habilidades do trabalhador, concretizadas na forma de ações. As competências são também a tradução no decorrer de uma aprendizagem contínua de conhecimentos e experiências em ação.

Os conhecimentos não se localizam todos na memória das pessoas, são distribuídos, podendo estar espalhados pelo ambiente e em outras pessoas, em situações que envolvam vários operadores (CYBIS, 2010). Nesta perspectiva, o conhecimento é tanto distribuído como compartilhado, de forma que são provenientes, além da memória, de ajudas externas. Os conhecimentos são então situados, formados no percurso durante o qual a informação é interpretada em uma situação específica. Assim é na ação de trabalho que se constitui a

competência. Ao se introduzir uma nova ferramenta de trabalho, novas competências se tornam necessárias, pois o trabalhador deve adquirir conhecimentos e habilidades para lidar com o contexto modificado, para isso o trabalhador usa os novos conhecimentos e os antigos a fim de construir estratégias para realizar a tarefa. Estas questões serão retomadas nas discussões do trabalho, afim de verificar as relações da inserção de um novo dispositivo no trabalho de inspeção visual de HLB.

A seguir, serão expostas como a abordagem da ergonomia da atividade, envolta em uma diversidade de abordagens do trabalho, pode influenciar nos processos de concepção.

## **2.3. Ergonomia de concepção**

### **2.3.1. Diferentes abordagens do trabalho**

O objeto da ergonomia clássica é, em primeiro lugar, o equipamento, no entanto, mesmo que nele sejam incorporados os melhores conhecimentos da *Human Factors*, não necessariamente permite um trabalho satisfatório para os que o utilizam. As diversas e infinitas variáveis envolvidas no processo de trabalho podem obrigar os trabalhadores a se comportarem de maneira diferente da prevista. Para conceber um bom dispositivo técnico seria necessário, então, analisar aquele que é justamente objeto da ergonomia francôfônica: o trabalho.

As ciências humanas e sociais mostraram a diversidade de práticas de trabalho e as diversas formas de se ver o trabalho ao longo das sociedades e do tempo. Assim, uma única disciplina não pode dar conta do trabalho. No entanto, segundo Hubault (2004), o que distingue a ergonomia dos outros estudos sobre o trabalho é que o trabalho não lhe é um domínio de aplicação, nem mesmo de investigação, mas o próprio objeto da sua abordagem.

A abordagem francôfônica ou ergonomia da atividade considera o trabalho como uma atividade contextualizada, conforme conceito desenvolvido por Dejours (2002). É freqüentemente associada à Análise Ergonômica do Trabalho e está centrada na análise da atividade em situações reais de trabalho, singulares e socialmente situadas. Essa abordagem apresenta uma metodologia própria de estudo das situações de trabalho, ao mesmo tempo em que incorpora dados da abordagem clássica (*Human Factors*) na concepção de dispositivos e postos de trabalho adaptados à realidade identificada.

Esta corrente da ergonomia (francôfônica) apresenta uma inversão de perspectiva em seus conceitos fundamentais, especificamente no que se refere à distinção entre trabalho prescrito e

trabalho real; no reconhecimento da variabilidade dos contextos e dos indivíduos; e no conceito de carga de trabalho e a atividade de regulação, envolvendo os conceitos de representação e competência (TERSAC E MAGGI, 2004).

Envolta nesta diversidade de práticas de trabalho, contextos, indivíduos e diferenciação entre trabalho prescrito e real, a AET utiliza diferentes abordagens convergentes do trabalho pelo viés da atividade. Esta atenção voltada para o trabalho real encontra sua origem na busca dos fatos, em conhecer o melhor possível a realidade de trabalho para a qual resultam as arbitragens feitas pelos operadores com relação aos diversos constrangimentos aos quais eles estão submetidos, para alcançarem o objetivo construído individualmente (WISNER, 2004).

No que se refere à concepção de novos dispositivos de trabalho, Daniellou (2004a) afirma que não é possível construir modelos científicos que permitam prever a atividade de trabalho. Assim, segundo Hubault (2004), em ergonomia não se pode conceber uma atividade, mas apenas uma tarefa. A função essencial do ponto de vista da atividade, então, é favorecer uma concepção da tarefa que interesse particularmente a contribuição da ergonomia nas abordagens de concepção.

A seguir será discutido em maiores detalhes como o ponto de vista da atividade (ergonomia francófônica) pode influenciar nos processos de concepção.

### **2.3.2. Produção de conhecimento e Ergonomia de concepção**

A ergonomia francófônica, ao orientar a concepção dos postos de trabalho, passa a se interessar pela atividade do projetista, visando aprofundar sua compreensão da relação entre o que o homem vive no trabalho e pelo trabalho e reduzir o distanciamento entre o prescrito e o real. Neste contexto, a ergonomia pretende recompor o conhecimento sobre quem trabalha visando influenciar a concepção de maneira significativa.

No que se refere à produção do conhecimento em ergonomia, Hubault (2004) destaca três configurações:

- A ergonomia produz conhecimento para o trabalho, o que a liga às Ciências Aplicadas.
- A ergonomia produz conhecimentos que transformam o trabalho, as representações dos que trabalham, dos que concebem o trabalho, o que a liga a um modelo de Ciência

e ação.

- A ergonomia produz conhecimento transformando o trabalho, a intervenção sendo considerada um modo específico de pesquisa, o que a liga a um modelo de Ciência pela ação.

Já Wisner (2004) considera a intervenção ergonômica uma arte, uma prática profissional e, em menor grau, uma ciência. No entanto, afirma que quem pratica ergonomia não pode trabalhar sem utilizar os resultados de pesquisas científicas de diversas outras disciplinas que contribuem com os saberes necessários.

A ergonomia irá buscar em outras disciplinas conhecimentos que, devido ao caráter integrador do trabalho, serão confrontados com a revelação da realidade da atividade.

A proposta central é que a AET produz uma dialética entre conhecimento e ação, na medida que confronta as diferentes representações acerca da situação de trabalho.

A AET aparece como uma ferramenta de orientação da intervenção ergonômica, em especial por permitir abordar o modo como o(s) operador(es) constrói(m) os problemas antes de resolvê-los. De uma maneira mais geral, a AET permite a descrição da alternância das fases de construção e de resolução de problemas (WISNER, 2004).

A AET pretende, então, revelar a realidade no trabalho, e colaborar para a reinterpretação da situação de trabalho por parte do projetista, não só no sentido de produzir os conhecimentos em relação ao trabalho, mas de agir diretamente na concepção, visto que é uma disciplina de ação sobre o real. A reinterpretação é alcançada por meio da confrontação entre as representações dos atores sobre a atividade de trabalho e seus determinantes (DANIELLOU, 2004a).

Desta forma, a ergonomia relaciona a operação e o projeto, introduzindo no processo de concepção a necessidade de uma confrontação entre a perspectiva descendente relacionada com o projeto em engenharia e com o funcionamento das unidades produtivas, cuja articulação se dá em torno da eficácia produtiva; e a perspectiva ascendente relacionada com o homem no trabalho, voltadas para questões do bem estar humano.

Como assinala Garrigou (1995, apud MENEGON, 2003):

O papel do ergonomista está em plena transformação; deste modo ele não é mais somente um fornecedor de dados ergonômicos ou conhecimentos sobre o funcionamento do homem. Ele é também um ator do processo de concepção, cujos objetivos são melhorar as futuras situações de trabalho do ponto de vista da saúde e da eficácia; para atingir estes objetivos ele vai buscar transformar as representações dos projetistas atuantes sobre o ser humano em situações de trabalho. (Garrigou, 1995, apud MENEGON, 2003, p.9)

O projetista é um ator social que projeta, não simplesmente o equipamento, novo dispositivo, mas efetivamente o trabalho do operador no novo equipamento, portanto tem como resultado da sua atividade, a nova tarefa a ser realizada.

Segundo CLOT (1995), a tarefa aparece como um “modelo frio” das atividades dos projetistas. Em toda concepção, a tarefa é trabalhada a montante antes de o ser a jusante e sua análise só pode ser a reconstrução do processo de sua elaboração. Em outras palavras, a análise da tarefa é uma análise da atividade dos projetistas para, em seguida, poder dar conta do processo pelo qual esta “oferta” é interpretada pelos operadores destinatários.

Mas se em um primeiro momento a ergonomia produziu conhecimentos sobre a realidade de trabalho para influenciar o projeto dos sistemas produtivos, posteriormente, ela começa a integrar equipes de projeto e parte para o desenvolvimento de métodos participativos de projeto, tendo como base a AET e a busca de prognósticos da atividade futura (DUARTE, 2002).

Uma abordagem participativa objetiva a mudança do entendimento de todas as atividades envolvidas em um processo de concepção. A própria atividade dos conceptores, então, acaba sendo modificada, pois convida a uma reflexão dos paradigmas da atividade de conceber (GARRIGOU, 1995).

Desta reflexão sobre a atividade de conceber, apresenta-se um paradoxo intrínseco à ergonomia de concepção: uma vez que a ergonomia se legitima a partir da análise do trabalho, como analisar uma atividade de trabalho que ainda não existe?

Daniellou (2004b) confirma que não há como prever em detalhes a atividade futura de um operador em particular. Por outro lado, as escolhas de concepção abrem e fecham inúmeras possibilidades de atividade futura. Desta forma, o grande desafio da abordagem da atividade futura é prever “o espaço das formas possíveis” e avaliar em que medida as escolhas de

concepção permitirão a implementação de modos operatórios compatíveis com os critérios escolhidos em termos de saúde, eficácia produtiva, desenvolvimento pessoal e trabalho coletivo, por exemplo.

O ergonomista no processo de concepção vai intervir então buscando ampliar a margem de regulação dos operadores, agindo sobre os determinantes e condicionantes da situação futura, permitindo que os operadores construam um maior número de modos operatórios aceitáveis segundo os critérios supracitados, ou impossibilitando modos operatórios de risco, resultando em redução das cargas de trabalho. O ergonomista, portanto, não pretende definir um modo operatório ideal, mas ampliar a margem de regulação levando em consideração a variabilidade e diversidade das situações e dos indivíduos.

A abordagem da atividade futura é, além de uma previsão das margens de regulação e conseqüente adoção de diferentes modos operatórios (futuros), um prognóstico quanto às diferentes formas de custo que estes podem comportar. A capacidade do ergonomista implementar essa abordagem depende não só de suas competências na análise da atividade, mas também dos seus conhecimentos relativos ao funcionamento humano no trabalho.

Assim como para a análise e transformação das situações de trabalho, a ergonomia integra conhecimentos de diferentes especialidades para a concepção. Os resultados configuram uma série de consensos ou acordos técnicos e sociais necessários ao desenvolvimento do projeto e à sua correta implementação.

Neste processo os conhecimentos em ergonomia se legitimam, pois permitem esclarecer as prováveis conseqüências das decisões técnicas ou organizacionais sobre o trabalho, bem como, por meio do “ponto de vista do trabalho” auxiliar os atores a anteciparem como o conjunto de relações poderá tecer-se na atividade futura (DANIELLOU, 2004a).

Assim, o ergonomista atua na condução de projetos de concepção tanto colaborando no enriquecimento do projeto a partir da revelação da realidade no trabalho, articulada pela AET, como gera uma nova perspectiva ao considerar as representações dos diferentes atores envolvidos no processo, ampliando o espaço de confrontação entre diferentes racionalidades. O ergonomista possui então um papel político, de articulação, buscando coerência entre os atores, artefatos e sistemas sociotécnicos (produção, qualidade...).

A intervenção ergonômica sobre o futuro supõe, então, uma construção social e técnica. Construção técnica pelos métodos de análise da situação existente e de avaliação das consequências previsíveis sobre o trabalho futuro das decisões tomadas. E construção social, na construção do espaço de confrontação das diferentes lógicas em torno do trabalho futuro e a negociação dos compromissos políticos entre essas lógicas (DANIELLOU, 2004a).

Esta dupla construção da intervenção leva os atores à transformação de suas representações do trabalho, requisito para transformar os determinantes.

Menegon (2006) afirma que a integração entre estas lógicas contraditórias de saúde e segurança de um lado, e qualidade e produtividade de outro, é uma das dificuldades da implementação de uma ação ergonômica, concordando com o pressuposto de um processo continuado de confrontação. O ergonômista então deve tomar o cuidado para não privilegiar a lógica de um ator em detrimento dos outros.

Os trabalhadores, por exemplo, usuários responsáveis pela produção e pela manutenção futura, são muitas vezes marginalizados dos processos de concepção. Quanto a este problema, cabe ao ergonômista intervir buscando associar estritamente ao projeto, trabalhadores responsáveis por cada setor, cujas competências profissionais são indispensáveis para a avaliação e validação das soluções.

Com relação ao trabalho de inspeção visual de HLB, Gonçalves (2011) permitiu a reinterpretação da situação de trabalho por meio da revelação da realidade de inspeção e as variabilidades internas e externas aos trabalhadores. A revelação da atividade de inspeção, conforme conceituado pela ergonomia francófona, possibilita a confrontação da perspectiva em torno da eficácia produtiva (eficiência na detecção de plantas doentes) com a perspectiva do inspetor e seu trabalho quanto à saúde e bem estar. A partir da compreensão de constrangimentos, como a insuficiência dos conhecimentos formais, por exemplo, e as estratégias operatórias adotadas e desenvolvidas pelos inspetores para identificar os sintomas em campo, a concepção é orientada no sentido de ampliar os modos operatórios dos inspetores e não restringi-los. Assim, a abordagem da ergonomia da atividade fornece subsídios para a decisão de desenvolvimento de uma solução no sentido de auxiliar a percepção dos inspetores na identificação de HLB em campo, portanto **detecção**, invés da automação ou melhorias das técnicas de **diagnóstico** por espectroscopia de fluorescência ou outras limitadas quanto à aplicabilidade em campo.

A AET então insere na lógica de projeto a tomada de uma nova linha de ação cujo objetivo é criticar o existente com vistas à concepção, mudança ou correção de um processo de trabalho. Desta forma, a avaliação e validação das soluções, além de constituir uma etapa extremamente importante da AET, permitem a avaliação das decisões tomadas e levam a uma reflexão de todo o processo de AET, visto que a solução caracteriza a materialização deste processo.

Um aspecto fundamental na análise da atividade é a validação dos resultados com os trabalhadores, objetivando em primeira instância restituir a informação a quem a forneceu, bem como, corrigir e completar o trabalho do ergonomista (WISNER, 1994, p. 98).

A questão da validação é chave para a efetividade da ergonomia “os critérios de êxito são múltiplos e às vezes divergentes, os efeitos positivos e negativos às vezes só se mostram a longo prazo e se exprimem pela mudança de atitudes dos planejadores e dos usuários diante das características do homem”, (WISNER, op. cit., p. 99).

Nesta seção buscou-se abordar como a produção de conhecimento em ergonomia da atividade pode contribuir na concepção de dispositivos técnicos para o trabalho de inspeção visual de HLB. O desenvolvimento de um dispositivo de auxílio perceptivo aos inspetores visa atuar principalmente na ampliação de modos como as informações do ambiente são captadas, no caso, visualização da folha mosqueada ou ramo amarelo. Assim, se faz interessante também compreender como o processo de detecção de cores ocorre no organismo humano, por isso na próxima seção será abordado o funcionamento da visão humana, a óptica fisiológica, teoria das cores e como ocorrem os processos neurofisiológicos de detecção que antecedem os processos perceptivos e cognitivos, e como sua compreensão pode auxiliar a concepção de um dispositivo para o problema proposto nesta pesquisa.

#### **2.4. Visão e Cores**

Considerando a identificação do sintoma “folha mosqueada” pela cor, como importante fator para a atividade de inspeção, nesta seção será abordado como ocorre a visualização das cores fisiologicamente, bem como sua importância para a concepção de dispositivos que auxiliem a atividade de inspeção visual de HLB. Para isso, é abordada a teoria das cores como embasamento científico fundamental para ação do projetista.

### 2.4.1. O que é cor?

Segundo Pedrosa (1982), a cor não tem existência material, ela é a sensação provocada pela ação da luz sobre o órgão da visão. Portanto, sua presença está condicionada à existência de dois elementos: a luz (como estímulo) e o olho (aparelho receptor que funciona como decifrador do fluxo luminoso, decompondo-o ou alterando-o através da função seletora da retina).

Os estímulos que causam as sensações de cromáticas estão divididos em **cores-luz** e **cores-pigmentos**.

Cores-luz são as que provêm de uma fonte luminosa direta e que tem como síntese aditiva a luz branca. Sua melhor expressão é a luz solar, mas também podem ser representadas por uma vela, lâmpada, laser, dentre outros. Sua tríade primária é constituída pelo vermelho, verde e azul-violetado, conforme a Figura 15.

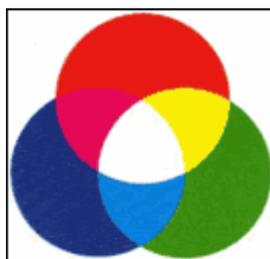


Figura 15 - Cores-luz primárias: Vermelho, verde e azul-violetado. Por síntese aditiva essas cores produzem o branco. Fonte: PEDROSA, 1982.

As cores-pigmento opacas são as cores de superfícies que, conforme sua natureza, absorve, refrata e reflete os raios luminosos componentes da luz que incide sobre a mesma. Sua tríade primária é composta pelo vermelho, amarelo e azul, cores que em mistura proporcional produzem um cinza neutro escuro, o preto, conforme Figura 16 a seguir. Este fenômeno é chamado de síntese subtrativa.

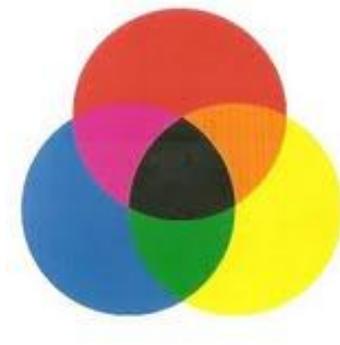


Figura 16 - Cores-pigmento opacas primárias: vermelho, amarelo e ciano. Em síntese subtrativa produzem o preto. Fonte: PEDROSA, 1982.

As cores-pigmento transparentes são as cores de superfície produzidas pela propriedade de alguns corpos químicos de filtrar raios luminosos incidentes, por efeitos de absorção, reflexão ou transparência, tal como ocorre nas aquarelas, películas fotográficas e nos processos de impressão gráfica. Suas cores primárias são o magenta, amarelo e ciano. Em síntese subtrativa também produzem o preto, conforme Figura 17.

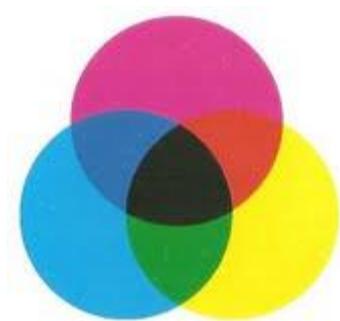


Figura 17 - Cores-pigmento transparentes primárias: magenta, amarelo e ciano. Em síntese subtrativa produzem o preto. Fonte: PEDROSA, 1982.

O fenômeno de percepção das cores é bastante mais complexo que o da sensação. Enquanto neste último encontram-se apenas os elementos físicos (luz) e fisiológicos (olho), na percepção também entram aspectos cognitivos que alteram a maneira como se reconhece, organiza e entende as sensações captadas do ambiente, conforme abordado na seção anterior. Na percepção distingue-se três características principais que correspondem aos parâmetros básicos da cor: Matiz (variedade do comprimento de onda); Valor, Intensidade ou Brilho;

Croma (saturação ou pureza da cor).

Apesar da identidade básica de funcionamento dos elementos no ato de provocar a sensação colorida, a cor apresenta uma infinidade de variedades geradas por particularidades dos estímulos, que dizem mais respeito à percepção que à sensação. Assim, as cores podem ser classificadas por:

Cor primária ou geratriz: uma das três cores indecomponíveis que misturadas em proporções variáveis produzem todas as cores do espectro solar.

Cor secundária: cor formada pela mistura equilibrada de duas cores primárias.

Cor complementar: designação dada à cor secundária que, justaposta à cor primária que não entra em sua composição, complementa o espectro solar.

Cor fisiológica: São produzidas pelo organismo humano, em condições especiais, sob a ação de determinados estímulos que não correspondem ao comprimento de onda dos estímulos exteriores, classificados como cores subjetivas. Maiores considerações serão realizadas na seção Óptica Fisiológica.

#### 2.4.2. Mecanismo da visão

Segundo Pedrosa (1982), a visão humana é coadjuvada pelo cérebro, que projeta sobre os elementos a dimensão dada a cada qual de acordo com as aspirações do ser humano. O cérebro realiza este processo como um trabalho de avaliação, análise e correção das imagens visuais recebidas. Segundo o autor, esta correção ocorre em estágio que chama de pré-consciência, influenciado pelo acervo de nossos conhecimentos relativos ao mundo. Isto está relacionado com a formulação de Goethe: “de que vale olhar sem ver?”. Este conceito evidencia a diferença do conhecimento do conceito e a capacidade de transformar o ato de olhar em um ato perceptivo. Os conhecimentos trazidos das ciências físicas, fisiológicas e da psicologia, não tem alterado qualitativamente o ato perceptivo de olhar. Esta qualidade continua sendo patrimônio daqueles que a executam fomentados por dados cognitivos adquiridos com a vivência, o que permite aumentar a eficácia de tal exercício.

Os olhos humanos são compostos por (ABRAHÃO, 2009) (Figura 18):

- a) **córnea:** Situada na parte anterior do olho, transmite e foca a luz para dentro do olho.
- b) **íris:** Ajuda a regular a quantidade luz que entra no olho.
- c) **pupila:** O seu diâmetro determina a quantidade de luz que entra no olho. O tamanho da pupila varia de acordo com a quantidade de luz do ambiente.
- d) **crystalino:** Ajuda a focalizar a luz para dentro do olho, mais especificamente na retina.
- e) **esclera:** Tecido constituído por uma forte formação fibrosa.
- f) **retina:** Tecido do sistema nervoso situado na parte posterior do olho. A retina percebe a luz e produz estímulos que são transmitidos através do nervo óptico até o cérebro.
- h) **nervo óptico:** Responsável por transportar os impulsos formados pela retina até o cérebro.
- i) **mácula:** situada na parte posterior do olho que nos permite enxergar os objetos com clareza.
- g) **humor vítreo:** Semelhante a uma gelatina, preenche o conteúdo do olho.

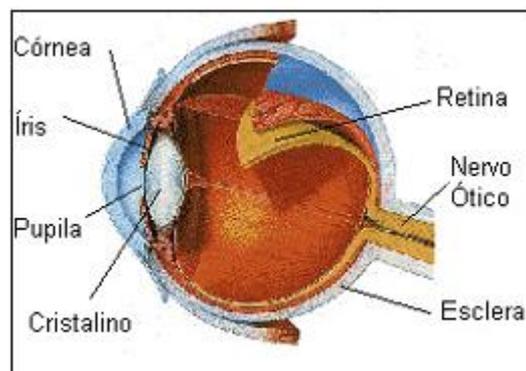


Figura 18 - Anatomia do olho humano. Fonte: adaptado de Abrahão, 2009.

A superfície da retina é composta por duas áreas distintas. A do centro, denominada fóvea retiniana, formada por cerca de 7 milhões de fibrilas nervosas, denominadas cones, responsáveis pela visão em cores: visão tricromática. Esses cones são divididos em três grupos: o primeiro é sensível ao vermelho, o segundo ao verde e o terceiro ao azul, conforme Figura 19 a seguir. Não existem cones específicos para a sensação do amarelo, assim, esta cor é percebida pela sensibilização simultânea dos cones vermelhos e verdes. A parte de circunda

a fóvea é constituída por cerca de 100 milhões de bastonetes, sensíveis às imagens em preto-e-branco (PEDROSA, 2008).

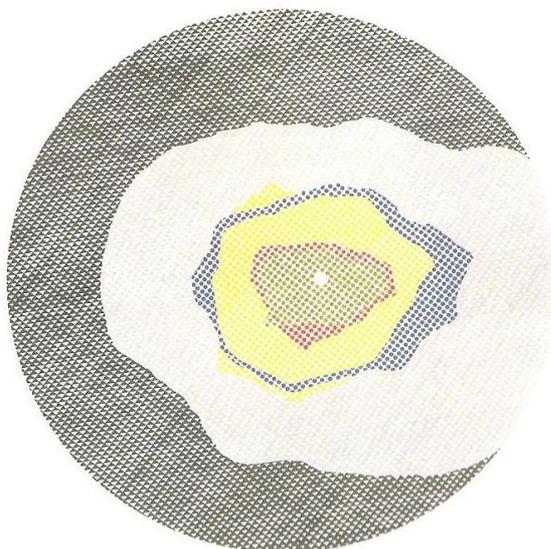


Figura 19 - Esquemática da retina humana. Ao centro está a fóvea retiniana (azul, amarelo, vermelho e verde), sensível às cores. À sua volta estão os bastonetes, responsáveis pela visão em preto-e-branco. Fonte: PEDROSA, 1982.

A retina tem a capacidade de adaptar-se progressivamente à quantidade de luz do ambiente. No escuro, a sensibilidade da retina aumenta gradativamente, de acordo com o comportamento dos cones e bastonetes. A sensibilidade dos cones aumenta apenas algumas dezenas de vezes em comparação com a sua sensibilização relativa à luz do dia, enquanto a sensibilização dos bastonetes leva mais tempo para adaptar-se, em compensação ao fim de uma hora ou mais atinge o limite máximo em plena escuridão, aumentando sua capacidade em centenas de milhares de vezes.

A parte externa da retina contém grãos de pigmento escuro cuja função é enfraquecer a luz que chega aos cones e bastonetes. A adaptação gradativa do olho à escuridão pode explicar-se pela passagem do pigmento escuro para o fundo da retina, deixando as fibrilas nervosas o mais possível expostas à fraca luz que as atinge.

O processo de sensibilização da retina pela luz é a base do fenômeno de visão. Para explicá-lo há duas hipóteses: **fotoquímica** e **fotoelétrica**. A primeira baseia-se na existência, no olho,

de uma substância fotosensível que se decompõe sob a ação da luz e origina a excitação nervosa. A segunda é gerada pela absorção da luz que chega à retina, por um pigmento que se altera, ativando as fibrilas nervosas.

### **2.4.3. Óptica fisiológica (cores fisiológicas)**

Israel Pedrosa discorre de forma bastante completa em seu trabalho *Da Cor à Cor inexistente* (PEDROSA, 1982), em relação à óptica fisiológica e a teoria tricromática, no entanto, aqui será abordado de forma mais sucinta, assim como foi recuperado em seu trabalho mais recente intitulado *O Universo das Cores* (PEDROSA, 2008).

“Por ser a cor uma sensação, em princípio, toda cor é fisiológica e subjetiva. Mas a designação de cor fisiológica, para classificação científica, aplica-se apenas às cores em que nosso organismo interfere de maneira preponderante em sua produção” (PEDROSA, 2008, p. 107).

As cores fisiológicas mais comuns são produzidas por saturação retiniana. Este processo ocorre porque, assim como a percepção visual não é instantânea, precisa de certo tempo de latência para a captação, o mesmo ocorre com seu desaparecimento da retina, que, por não ser imediato, gera o fenômeno de superposição de imagens ou impressões consecutivas. As imagens ou cores começam a ser percebidas sobre as que ainda não desapareceram completamente. Nas figuras 20 e 21 podem ser verificadas este efeito.



Figura 20 - Olhando fixamente durante cerca de 40 segundos para o conjunto dessas formas coloridas e depois desviando a vista para a área branca acima, veremos a bandeira nacional com suas cores originais. Fonte: PEDROSA, 2008.

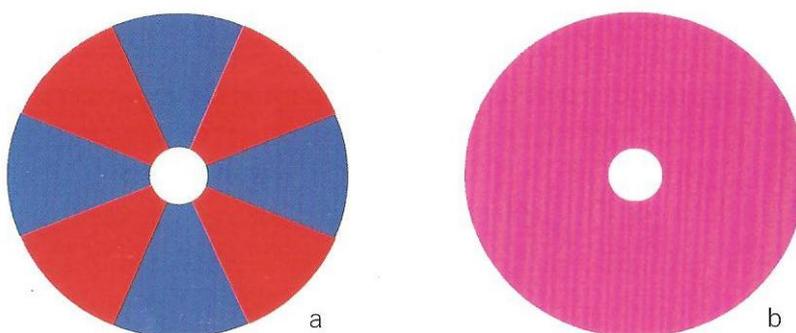


Figura 21 - Girando o disco a numa velocidade superior a 60 rpm, as cores vermelho e azul produzem a sensação de violeta, por mistura óptica (disco b). Fonte: PEDROSA, 2008.

As cores fisiológicas estão condicionadas ao grau de potência dos estímulos luminosos e aos tempos de saturação e acomodação retinianas, de onde surgem os contrastes simultâneos. A vista adaptada a determinada cor torna-se mais sensíveis às cores complementares à que se acostumou (PEDROSA, 2008). A sensibilidade aumenta de acordo com intensidade ou duração da excitação, até o ponto de saturação. Quando uma parte da retina se satura sob o efeito de uma cor, a parte restante reage de várias maneiras podendo até mesmo criar fisiologicamente a cor que lhe é contrária, como forma de dessaturação, em busca do equilíbrio (PEDROSA, op. cit.). Este é o mecanismo fisiológico da formação dos contrastes simultâneos, das imagens consecutivas, dos efeitos de deslumbramento e cegueira momentânea causada pelos ambientes escuros adaptados à claridade.

Da mesma forma, quando se enxerga uma superfície com determinada cor, significa que este reflete os comprimentos de onda referentes a esta cor e absorve as demais cores, principalmente as complementares à cor refletida e observada.

#### **2.4.4. Conceito fundamental do dispositivo de detecção de stress em plantas**

A princípio Dr. Len Haslim, cientista sênior do Centro de Pesquisa Ames (ARC) da Nasa, pesquisava como identificar objetos camuflados em ambientes como florestas, matas e selvas, utilizando filtros óticos invés da fotografia infravermelho desenvolvida durante a Segunda Guerra Mundial. Ao tentar fazer a vegetação verde mudar de cor e deixar o objeto camuflado mais visível, foi percebido que na realidade o filtro, ou lente, fazia com que a vegetação saudável mudasse de cor para cinza ou preto e partes não saudáveis da vegetação ficassem mais visíveis. A explicação para isso é principalmente pelo fato do olho humano ser hipersensível ao verde (BROCK, 2002).

O fisiólogo tcheco Jean E. Purkinje (1787-1869), descreveu o fenômeno que posteriormente levaria seu nome (Fenômeno de Purkinje), demonstrando que, embora a retina humana seja sensível a cores que vão do ultra-violeta (400 nm) a próximo ao infra-vermelho (~ 700 nm), a retina humana é predominantemente sensível a comprimentos de onda médios, ou seja, verde e azul. Na verdade a sensibilidade humana às cores segue uma distribuição normal entre as extremidades dos comprimentos de onda do espectro visível, conforme Figura 22.

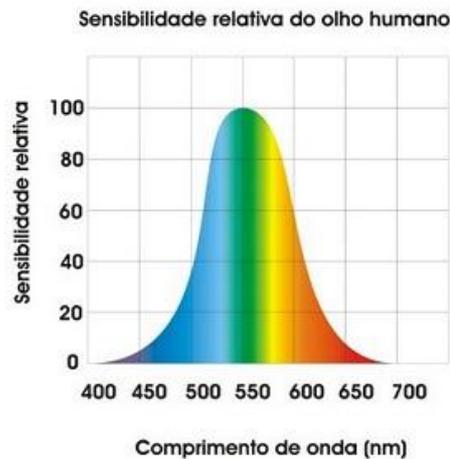


Figura 22 - Sensibilidade relativa do olho humano. Fonte: EnergyLabs.

Essa maior capacidade sensitiva a comprimentos de onda médios é tão grande que cores periféricas acabam sendo suprimidas. Embora a retina humana seja sensível a cores do ultravioleta (400nm) até próximas ao infravermelho (700nm), ela possui pico de sensibilidade em torno de 550nm, que é muito próximo justamente do comprimento de onda relativo ao verde não absorvido pela clorofila.

A absorção e reflexão da luz do sol ocorrem de maneira diferente entre a vegetação com comportamento saudável da clorofila e a vegetação doente. As plantas doentes apresentam alterações em seu espectro refletivo primário nas regiões de maior e menor comprimento de onda do espectro visível, ou seja, 400-480nm e 600-700nm.

Para o observador que visa identificar prematuramente uma doença ou stress na planta, esse fato fisiológico significa que pequenas alterações do verde para vermelho, marrom ou amarelo, que geralmente significa uma enfermidade ou stress na planta, sejam dificilmente identificados a olho nu. Assim, o olho humano tem dificuldades de identificar plantas em um estágio inicial de manifestação de sintomas de uma doença.

A utilização de um filtro de luz com curva de transmitância oposta à sensibilidade humana, ou seja, com baixa transmissão entre os comprimentos de onda de 440 – 600 nm, permite que a luz percebida pela retina e pelo cérebro identifique cores que normalmente não seriam vistas (BROCK, 2002). Este é o conceito básico do funcionamento do “óculos de detecção de stress em plantas”.

Adiante, Figura 23, segue imagem comparativa da vista da copa de uma árvore com folhagem saudável e não saudável, sem e com os óculos de detecção de stress em plantas.



Figura 23 - Vista da copa de uma árvore com folhagem saudável e não saudável, sem e com os óculos de detecção de stress em plantas. A folhagem doente se destaca em vermelho brilhante na figura da direita. Fonte: USDA Forest Service.

#### 2.4.5. Visualização das cores

A partir dos “Óculos de Detecção de Stress em Plantas” e do conhecimento de seu funcionamento, se torna interessante aprofundar na ciência das cores, evidenciando seus elementos especificamente para a atividade de inspeção visual de HLB. Esta discussão teórica se mostra bastante importante quanto ao acúmulo de conhecimento conceitual na área para direcionar as decisões técnicas de projeto na concepção do dispositivo proposto nesta pesquisa.

Se o objetivo é intensificar o contraste entre o verde e o amarelo da “folha mosqueada” por HLB, podemos então bloquear o amarelo e ressaltar o verde, ou o contrário. Conforme abordado na seção anterior, com base no fenômeno de Purkinje (Figura 16), a visão humana é mais sensível à cor verde. Ao suprimir a visualização da cor verde, ocorre um aumento a sensibilidade aos demais comprimentos de onda. Portanto, aqui será discutido como a teoria das cores influencia na determinação da cor do filtro de luz a ser utilizado para intensificar o contraste entre as cores desejadas, bloqueando a cor verde e ressaltando a cor amarela.

A questão colocada é qual a cor da lente capaz de bloquear a cor verde para intensificar o amarelo da folha. Quando se vê um objeto de uma determinada cor significa que o objeto reflete a cor observada e absorve as demais cores, principalmente a cor complementar a esta, conforme a Figura 24 a seguir.

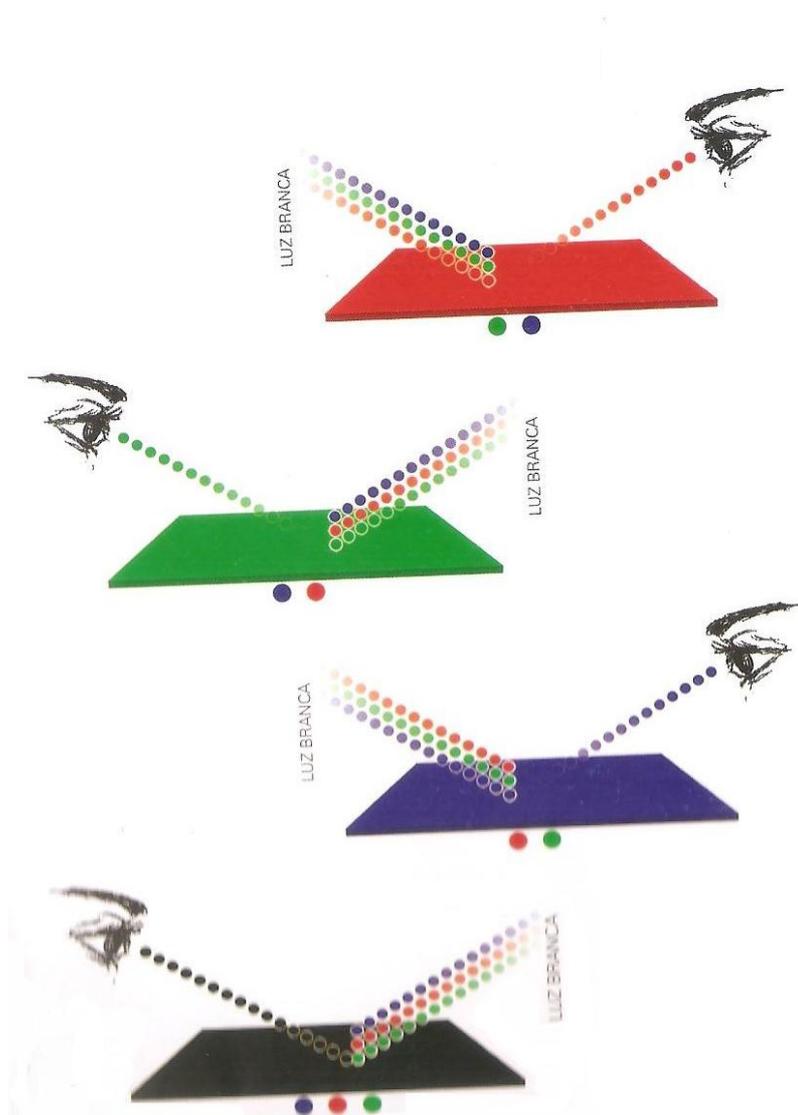


Figura 24 - Absorção de luz, cores de superfícies opacas. Fonte: PEDROSA, 1982.

A Figura 24 representa o fenômeno para superfícies opacas, no entanto as cores primárias de superfícies opacas são diferentes de superfícies transparentes. As figuras 25 e 26 a seguir apresentam o Círculo das 12 cores-pigmento opacas e transparentes, respectivamente, com indicação de suas primárias e secundárias. O importante nessa representação gráfica é compreender que as cores complementares estão posicionadas diametralmente opostas, portanto para entender qual deve ser a cor da superfície para absorver determinada cor, basta buscar sua oposta no círculo, ou seja, sua complementar. Por exemplo, se gostaríamos que uma superfície opaca absorva a cor laranja, observa-se no círculo das cores pigmento-opacas

(Figura 25). A cor diametralmente oposta à cor laranja é a cor azul, portanto o azul é a cor complementar ao laranja. Se o objetivo é absorver a cor laranja, a cor da superfície deve ser azul, pois esta absorve todas as demais cores, principalmente sua complementar (laranja) e reflete a cor azul observada. Portanto, para se absorver a cor laranja, a cor da superfície que melhor o faz é azul.



Figura 25 - Círculo das 12 cores-pigmento opacas. Primárias: vermelho, amarelo e azul; secundárias: laranja, verde e violeta. Fonte: PEDROSA, 1982.



Figura 26 - Círculo das 12 cores-pigmento transparentes. Primárias: magenta, amarelo e ciano, as mesmas cores-luz secundárias. O vermelho, verde e azul violetado em cor-pigmento transparentes são secundárias. Fonte: PEDROSA, 1982.

Uma lente, por sua vez, é uma superfície transparente, pois absorve, reflete e transmite a luz incidente. Se objetivo é absorver a cor verde, para identificar qual a cor da lente, deve-se observar o diagrama das cores-pigmento transparentes, Figura 26. Neste diagrama, a cor verde é secundária, composta pelo amarelo e pelo azul. Sua cor complementar está diametralmente oposta na representação gráfica e é a cor-pigmento transparente primária

chamada magenta, portanto segundo este diagrama, a cor da lente deve ser magenta para absorver o verde.

Assim como as cores-pigmento opacas e transparentes, as cores-luz também apresentam cores primárias diferentes, conforme Figura 27 a seguir.

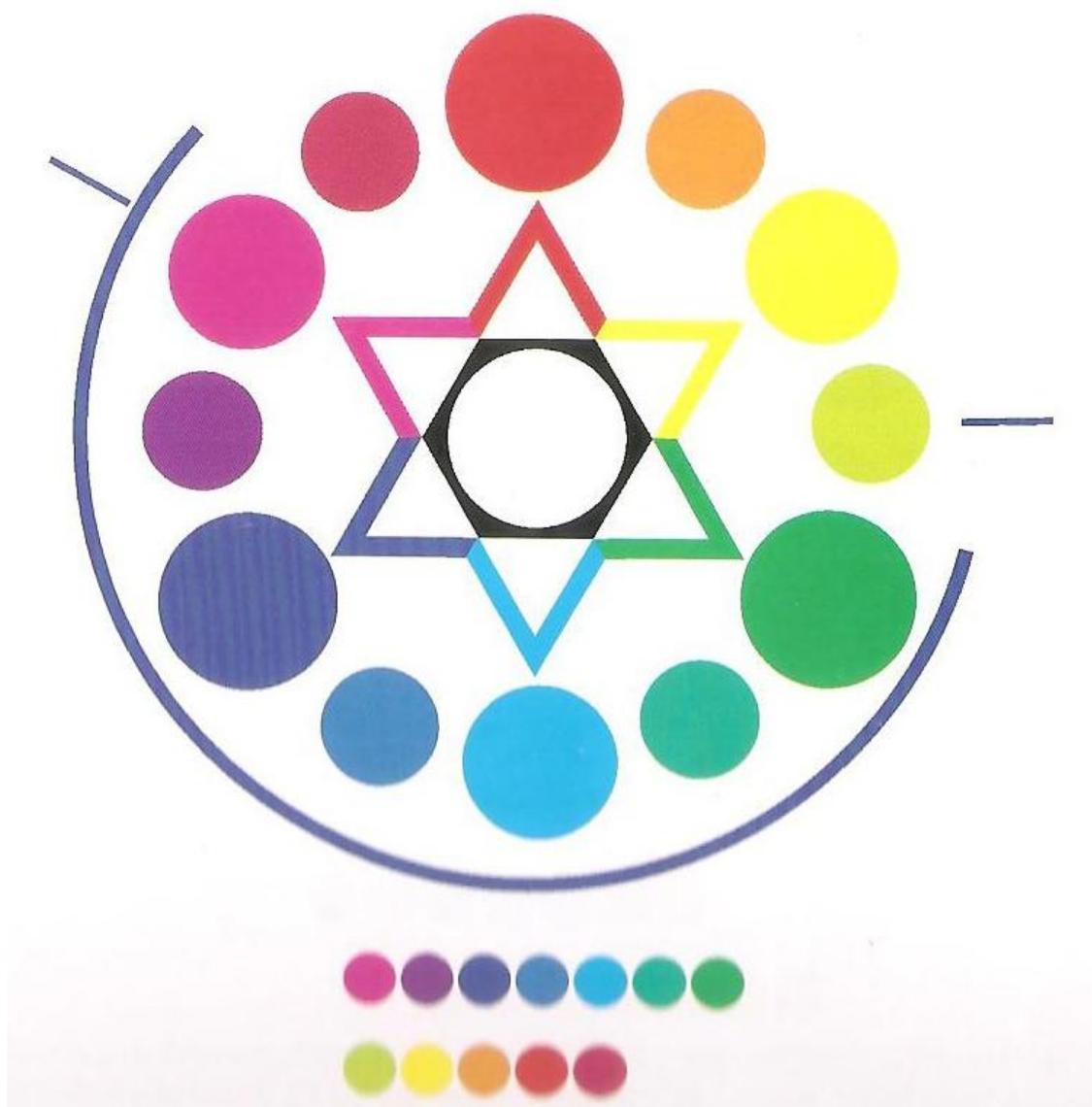


Figura 27 - Círculo das 12 cores-luz. Primárias: vermelho, verde e azul violetado; secundárias: magenta, amarelo e ciano. Fonte: PEDROSA, 1982.

As cores-luz primárias são vermelho, azul e verde, portanto, se a cor verde é filtrada, restam as cores-luz azul e vermelho, que compõe a cor-luz secundária magenta, assim, a lente é vista desta cor. Se a cor verde é filtrada, o que é verde deve ficar escuro e o que é amarelo deve ficar avermelhado, uma vez que o amarelo é cor-luz secundária composta por verde e vermelho.

Importante ressaltar que existem diferentes tons de verde. O espectro solar é composto por uma faixa contínua de comprimentos de onda, por isso as cores se interpenetram, conforme Figura 28.

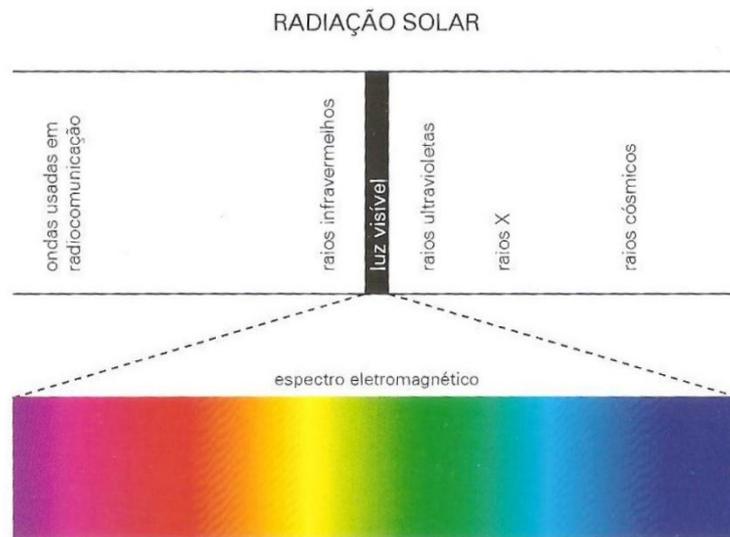


Figura 28 - Espectro solar contínuo de luz. Fonte: Promolux.

Quanto mais escuro é o verde, mais tende para o azul e quanto mais claro, mais tende para o amarelo. Ao filtrar a luz verde pela lente magenta, observa-se que o verde escuro será visto tendendo para o ciano e azul (figura 28, cor-luz secundária formada por verde e azul). O contrário ocorre com o verde claro, que tende para o amarelo e vermelho (figura 28, cor-luz secundária formada pelo verde e pelo vermelho).

Desta forma, a lente magenta pode aumentar o contraste entre o verde e o amarelo, bem como entre os diferentes tons de verde. Este é o arcabouço de conhecimentos básicos dos quais são retiradas as informações para determinar a coloração da lente com o objetivo de solucionar o problema desta pesquisa.

## **2.5. Considerações finais acerca da revisão da literatura**

Nesta seção buscou-se recorrer aos conhecimentos acerca da doença de HLB da citricultura para esclarecer o contexto em que o inspetor de HLB realiza sua atividade. A ergonomia da atividade foi abordada no sentido de compreender o trabalho de inspeção a partir do conhecimento acerca do inspetor de HLB, integrado com a confrontação da realidade de trabalho de inspeção. Uma vez que a ergonomia tem um caráter integrador dos conhecimentos e visa preencher as lacunas entre as diversas áreas envolvidas, foi realizada uma abordagem a respeito da cognição humana e da teoria das cores a fim de nortear o processo de projeto. Esta construção lógica teve como intuito convergir os conhecimentos para sua materialização no dispositivo técnico a ser concebido e serão recuperados para a interpretação e discussão dos resultados desta pesquisa.

### **3. Metodologia**

O capítulo 1 levantou as questões a respeito de como tornar as inspeções visuais de HLB mais eficientes possíveis para que não permanecessem fontes de propagação da doença. A abordagem escolhida foi introduzida na seção 1.3, em que leva em consideração pressupostos da ergonomia, principalmente a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), e do projeto de engenharia. O capítulo 3 providencia a discussão a respeito da forma como estes pressupostos se articulam na metodologia e justifica esta abordagem de forma a permitir a coleta de dados para responder ao problema proposto. O capítulo está estruturado em justificativa da metodologia escolhida e, detalhamento do modelo de processo de projeto adotado, desde a identificação da necessidade do usuário até a fabricação do protótipo e validação em campo.

#### **3.1. Justificativa da Metodologia**

Esta seção é destinada à adoção de um modelo conceitual para o projeto de engenharia, aplicado sob o ponto de vista da ergonomia, visando direcionar como os conceitos deste campo de conhecimento irão nortear a coleta de dados da pesquisa.

Para Bucciarelli (1994), o design deve ser entendido como um trabalho dentro de “mundos objetos” de participantes diferentes, tal expressão entendida como vivência, experiência pessoal de cada ator envolvido no projeto. O objeto, portanto, não tem a mesma representação para todos. Cada perspectiva e interesse de uma pessoa estão atrelados à sua especificidade e o projeto é um processo de trazer coerência a estas perspectivas e interesses, e fixá-los no artefato. Logo, a concepção ou desenvolvimento de um produto está intimamente associado às representações dos projetistas a respeito do artefato, seja este para consumo ou dispositivos técnicos de produção.

Esta pesquisa parte da consideração de que no processo de concepção de dispositivos técnicos de produção, além da representação acerca dos artefatos, os projetistas assumem também uma representação a respeito do homem e técnica no trabalho. A partir destas representações, os artefatos projetados influenciam diretamente a atividade produtiva, uma vez que representam em última instância uma nova realidade, portanto determinam as práticas de trabalho.

A ação ergonômica, ao buscar orientar a concepção, passa a se interessar pela atividade dos projetistas que concebem os dispositivos técnicos e organizacionais. A ergonomia vem

justamente no sentido de alterar a representação dos projetistas a respeito da realidade de trabalho, incorporando ao processo de concepção uma abordagem ascendente referente àqueles que realizam o trabalho. Cabe à ergonomia evidenciar as interações existentes entre o ser humano e os elementos do sistema e analisar como essas interações repercutem em termos de saúde, nas sobrecargas impostas ao trabalhador, e em termos de produtividade para possibilitar o desempenho eficiente, confortável e seguro de acordo com as características, capacidades e limitações dos trabalhadores (TOSETTO, 2009).

Se, no início, a ergonomia era utilizada numa perspectiva de diagnóstico de condições de trabalho às quais estavam submetidos os operadores, atualmente surge outra perspectiva para a complementariedade entre as duas disciplinas (*ergonomia e engenharia*): a participação de ergonomistas nos projetos de desenvolvimento tecnológico. (DUARTE, 2002, p.11).

A corrente francesa da ergonomia parte da diferenciação fundamental entre tarefa e atividade e aborda o projeto do trabalho com foco na atividade do projetista. CLOT (1995, apud DANIELLOU, 2004b) afirma que “a tarefa é um modelo resfriado da atividade dos projetistas”, ou seja, a tarefa de uns como sendo o resultado da atividade de outros. Esta é a contribuição de base conceitual desta corrente da ergonomia, particularmente do método AET, centrado na análise da atividade. Esta contribuição se dá pela revelação da realidade de trabalho por meio da confrontação das diferentes perspectivas.

No entanto, compreender a necessidade da confrontação entre as diferentes perspectivas do trabalho não é suficiente, é necessário entender como e onde ocorrem, visando ampliar este espaço.

O lócus da confrontação se dá no interior do processo de projeto. Problemas no processo de projeto são colocados como uma questão da gestão do desvio do prescrito em relação à realidade, como uma falha na comunicação, às vezes na negociação, entre quem prescreve e quem realmente realiza o trabalho. A ergonomia atua no sentido de diminuir esta distância por meio da ampliação dos espaços de confrontação entre diferentes perspectivas e permitir maior interação entre o projetista e os demais envolvidos no processo de concepção (Daniellou, 1994 apud MENEGON, 2003).

Há uma convergência entre as teorias de projeto em focar a atividade do projetista. No entanto, embora convergentes no foco, são distintas quanto à abordagem. Consideremos o

ponto de vista de Clausing (1994), de que “desenvolvimento de produtos é uma atividade e a única maneira de compreender esta matéria é praticá-la.” O mesmo autor, embasado nos princípios de engenharia simultânea, defende mudanças organizacionais e de processo que promovam relações interdepartamentais e realização das atividades de desenvolvimento de forma concorrente. Com relação às pessoas, esta abordagem defende a formação de times multifuncionais de desenvolvimento, em que os membros não sejam extremamente especializados, mas que combinem bem escopo e profundidade de conhecimento.

No que se refere à articulação entre AET e processo de projeto, um ponto importante a salientar é que representam esferas diferentes de abordagem. A AET permite compreender uma problemática em situação, uma forma de conhecer a realidade e modelar um problema, no entanto não dá conta do procedimento projetual. Assim, delinear o objeto de estudo à concepção de situações produtivas ou processos de trabalho implica em, de maneira mais ampla, buscar referencial no Projeto de Engenharia (MENEGON, 2003).

Pahl&Beitz (1996), inseridos na escola semântica de filosofia de projeto, apresentam uma abordagem baseada na teoria de sistemas, por meio de uma estrutura sistemática de projeto, baseada na análise de valor, na qual busca otimizar a solução global a partir de soluções parciais de cada subfunção.

Estorilio (2003) busca entender como a participação do usuário é contemplada no modelo de projeto de alguns autores. Uma leitura de seu texto permite observar o caráter sistêmico de diversos deles, como os propostos por Davenport (1993), Harrington (1991), Kotter (1995) e Balthazor (1996), todos citados pela autora (ESTORILIO, 2003).

Nesta pesquisa adota-se o modelo proposto por Pugh (1996) como referencial para o processo de projeto. Considerando o conceito de produto dinâmico, Pugh&Morley (1986) representa o processo de projeto como sendo destituído de uma base conceitual genérica, o que se contrapõe às abordagens anteriores de tendência a controlar e melhorar processos, reduzindo o processo de projeto a uma decomposição em elementos e subsistemas como parte de um todo. Segundo Menegon (2003), esta visão sistêmica supõe a existência de uma base conceitual genérica que suporta tal dispositivo, assim as possibilidades de concepção ficam circunstanciadas aos aspectos consonantes com a tradição do dispositivo técnico, logo, significaria assumir a prevalência de um projeto dominante em detrimento da possibilidade de

construir um novo conceito e obter reconhecimento da eficácia mesmo em dissonância com a tradição.

Pugh (1996) critica os modelos anteriores por misturarem estrutura e método. Pode-se representar a estrutura de um dispositivo de forma sistêmica, porém isto não significa que o método de concepção também siga a mesma estrutura. O autor enfatiza o caráter não estruturado do processo de concepção e aborda as relações interdisciplinares entre psicologia social dos grupos e design de engenharia, englobando o estudo das pessoas (atividade), processos (gestão) e contexto (estratégia). Às pessoas refere-se a atividade, no caso atividade do projetista acerca do trabalho de inspeção. Quanto aos processos, refere-se à gestão. A gestão é esclarecida pelo conceito de Product Design Specification (PDS), figura 29, em que demonstra que o papel da gestão é de articular a equipe de projeto para a construção de consensos negociados em torno das especificações. O *Product Design Specification* (PDS) é o documento que materializa a estruturação do problema de projeto e evolui ao longo de todos os estágios subseqüentes de desenvolvimento, devendo delimitar as fronteiras do projeto. A especificação é essencialmente importante, pois estabelece em detalhes as restrições técnicas e não-técnicas a serem impostas ao projeto. Não se trata de formalizar o processo de concepção, mas de criar as condições para que ele ocorra. A gestão em última instância representa a coordenação do processo de projeto.

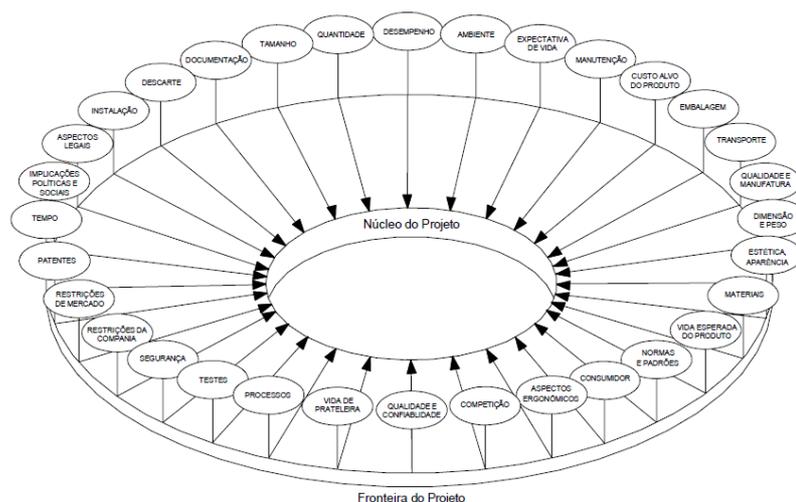


Figura 29 - Product Design Specification. Fonte: PUGH, 1990.

Pugh (1996) incorpora ao modelo aspectos mais amplos relacionados ao negócio. O autor posiciona os produtos no centro do processo de projeto. A partir disso, apresenta o *Business Design Activity Model* como um modelo sistemático de design, aqui atribuído no sentido de projeto.

O modelo da atividade de projeto do negócio tem como tema central o modelo da atividade de projeto do produto, o qual é lógico, já que sem um produto (e, numa definição ampla o produto pode ser um edifício ou um serviço) nós não temos um negócio e portanto nada para gerenciar. Produtos são então o centro dos negócios, e os modelos devem enfatizar este fato: isto deve ser óbvio. (PUGH, 1996, p. 125).

A contribuição do modelo está, então, em poder assimilar as várias abordagens associadas à teoria de projeto, partindo da necessária inserção desta atividade no âmbito dos negócios e portanto, absorvendo as questões relacionadas com o projeto do produto e a estratégia. No caso desta pesquisa, o contexto é dado à existência de uma doença da citricultura que não tem cura e oferece ameaça ao setor, não só no Brasil, mas de forma global. Portanto, o contexto se refere também à estratégia de controle da doença por inspeções visuais e conseqüentemente ao desenvolvimento de produtos para auxiliá-las. Por fim, o modelo aponta a importância dos aspectos gerenciais e de gestão do processo de projeto, focando a atividade do projetista.

### **3.2. Processo de projeto e a Análise Ergonômica do Trabalho (AET)**

Nesta pesquisa, a metodologia escolhida articula preceitos do método de Análise Ergonômica do Trabalho (AET) e de métodos de projeto de engenharia. Conforme já mencionado, ao delinear o objeto em torno da concepção de situações produtivas ou processos de trabalho implica em buscar referencial no Projeto de Engenharia, de forma que o modelo de projeto é orientado pela AET como instrumental para compreender a situação de trabalho a ser estudada (situação referência) e permitir seu aprofundamento e detalhamento com o intuito de prover informações que suportem a concepção, teste e validação de dispositivos técnicos de produção. Neste sentido, recuperamos o que afirma Hubault (2004) a respeito da produção de conhecimento em ergonomia, como disciplina para transformar o trabalho, que a liga a um modelo de ciências aplicadas; que transformam o trabalho, ligando-a a um modelo de ciência e ação; e enquanto transforma o trabalho, que a liga a um modelo de ciência pela ação.

Portanto a ergonomia surge como um referencial de ação para orientar o projetista durante sua atividade.

O modelo de *Business Design Activity* adotado nesta pesquisa foi proposto por Pugh (1996) para estabelecer uma base comum entre projetistas e procura representar a natureza das restrições para o projeto de produtos. A figura 30 representa o modelo.

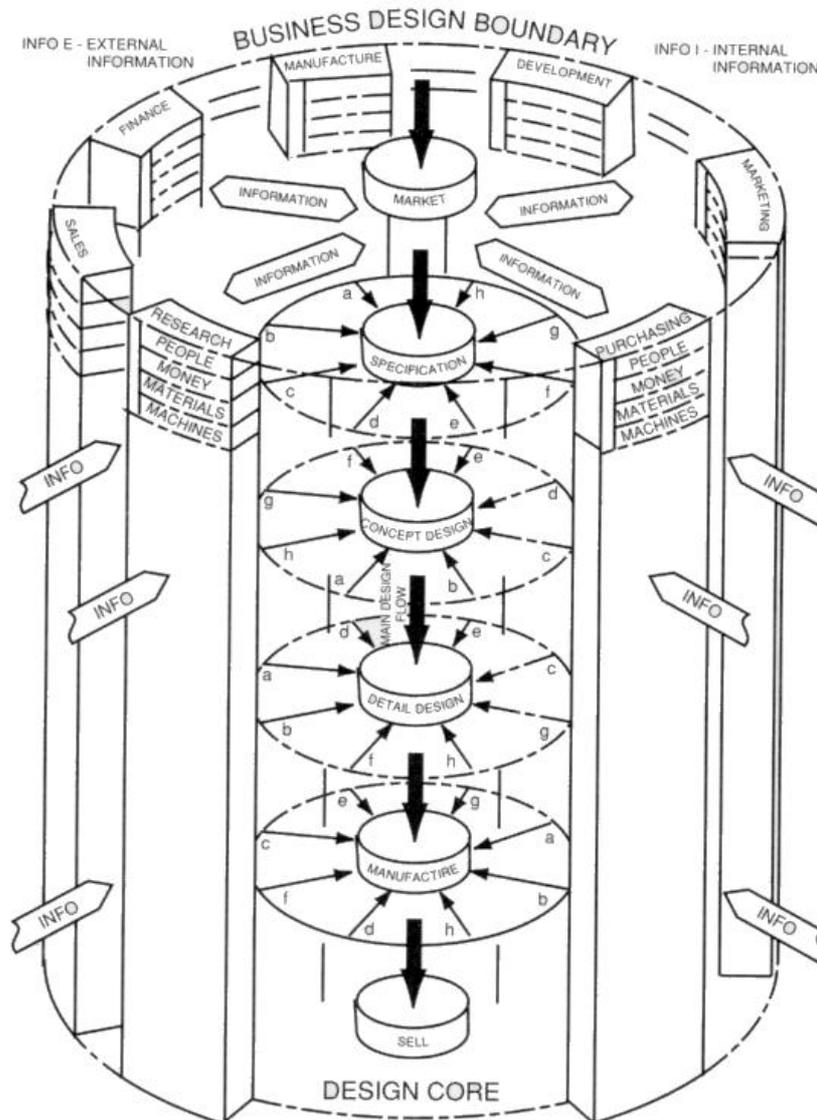


Figura 30 - Modelo de Business Design Activity, extraído de PUGH, 1996.

A figura mostra um núcleo com as principais áreas da atividade de projeto, formada pelas fases centrais de investigação de mercado; especificação do projeto do produto;

desenvolvimento conceitual; projeto detalhado; manufatura e vendas. O núcleo central é delimitado pela natureza das especificações (*Product Design Especification* - PDS), enquanto o núcleo externo representa as delimitações do projeto do negócio.

Na prática, considera-se a atividade de projeto como interativa e não linear, de forma que as fases são realizadas e repetidas ao longo de todo o processo de projeto. Neste aspecto importante é não considerar a disposição das etapas como rigidamente determinadas. Considerando a AET como um método que orienta o processo de projeto e assumindo que existe um fluxo que se origina na demanda e termina na validação, não é possível desconsiderar que o mesmo não é linear, inúmeras idas e vindas fazem-se necessárias para que o processo seja concluído.

Embora as fases centrais do processo de projeto sejam consideradas universais e comuns para todo tipo de projeto, cabe às outras áreas da atividade dar suas características particulares, uma vez que diferentes tipos de projeto podem exigir diferentes tipos de informações, técnicas e gerenciamento. Assim, para esta pesquisa as fases do processo de projeto são redefinidas e agrupadas em duas grandes etapas: Projeto Conceitual e Projeto Detalhado. O Projeto Conceitual compreende a fase de investigação de mercado, que aqui é entendida como uma análise de demanda, tratada como identificação da necessidade do usuário ou demandada. À esta fase se agrupam as fases de especificação do projeto do produto e desenvolvimento conceitual. A etapa de Projeto Detalhado agrupada a própria fase de projeto detalhado com a fase de manufatura, que nesta pesquisa é definida como fabricação de protótipo. A fase de vendas será desconsiderada, uma vez que não faz parte do escopo da pesquisa, portanto não é abordada.

A seguir as etapas definidas para esta pesquisa serão aprofundadas, considerando o modelo proposto.

### **3.2.1. Projeto Conceitual**

O projeto conceitual representa as etapas do projeto em que ainda não está definida uma base genérica para o produto. Envolve desde a análise da demanda e identificação das necessidades do usuário até o estabelecimento de um conceito.

A etapa de análise da demanda remete a seu estabelecimento no campo da ergonomia. Abrahão (et. al. 2009) coloca a Análise da Demanda como uma das etapas centrais no

processo de intervenção da abordagem ergonômica. Segundo a autora, a demanda socialmente estabelecida transforma seus contornos e formas no contato com a realidade de trabalho, determinando como o processo de trabalho evolui e como os recortes da realidade são definidos. Para Guérin et. al. (2001), é a partir da análise da demanda que se definem os objetivos e possibilidades de ação. Neste contexto, a ergonomia tem a função de confrontar as diferentes perspectivas relativas à demanda com o intuito de enriquecê-la pela alteração das representações dos atores envolvidos, bem como a representação do projetista sobre a realidade de trabalho. Assim, a análise da demanda visa compreender melhor a natureza das questões levantadas e estabelecer um ponto de partida para as fases subseqüentes da ação, considerando as diferentes lógicas sobre o mesmo problema (ABRAHÃO et. al., 2009).

Segundo Guérin et. al (2001), a ação ergonômica se constrói a partir da demanda e se estrutura conforme o desenrolar da ação. O conjunto de etapas ou fases que a AET se utiliza não são necessariamente lineares, mas são conexas entre si e guiam a ação ergonômica. “Diferentemente dos métodos científicos tradicionais, em que as hipóteses são previamente elaboradas e explicitadas, na AET elas são construídas, validadas /ou refutadas ao longo do processo” (ABRAHÃO et al., 2009, p.180). A análise da demanda vai então orientar as investigações necessárias à produção do conhecimento para atender ao problema proposto.

Uma vez que todo processo de projeto tem seu início em uma demanda ou necessidade a ser atendida, a tarefa do projetista é então de esclarecer esta demanda. Trata-se, portanto, de uma etapa de estruturação do problema.

Nesta pesquisa, a demanda surge a partir da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) realizada por Gonçalves (2011), que se apresenta como a primeira a analisar o trabalho do inspetor de HLB. A partir da AET, a autora verificou que a visualização do “ramo amarelo” ou “folha mosqueada” tem papel essencial na estratégia visual dos inspetores para detecção do “pé candidato”, visto que é o primeiro sintoma procurado pelos inspetores para encontrar plantas com HLB em campo. Além disso, a autora elucida as particularidades da atividade de inspeção e identifica diversos constrangimentos físicos e cognitivos. Desta forma se passa de um problema não estruturado para um problema estruturado pela AET, a partir do qual o processo de projeto foi direcionado no sentido de desenvolver um dispositivo de ajuda perceptiva para visualização deste sintoma (ramo amarelo).

O processo de projeto apresentado nesta pesquisa refere-se, portanto, ao desenvolvimento deste dispositivo a partir da AET de Gonçalves (2011) e como foram realizadas as articulações entre os diferentes atores sociais (PSP/Lab – DEP/UFSCar, Embrapa, Fundecitrus, fabricante de lentes ópticas, empresas da citricultura, inspetores), para possibilitar a concepção. Importante ressaltar que o trabalho da autora e esta pesquisa foram realizados simultaneamente, de forma que a compreensão das questões e a elaboração das soluções se desenvolveram concomitantemente ao decorrer de todo processo, conforme o caráter não-linear tanto da ação ergonômica como do processo de projeto enquanto atividade do projetista.

Considerando-se uma equipe de projeto interdisciplinar, cada um de seus membros é responsável por diferentes aspectos do PDS (figura 29) durante todo o processo de projeto. A gestão irá atuar na articulação entre estes diferentes aspectos no sentido de criar as condições para que o processo de projeto ocorra. Esta articulação se dá entre as diferentes perspectivas (atores sociais) envolvidas no projeto (PSP/Lab – DEP/UFSCar, Embrapa, Fundecitrus, fabricante de lentes ópticas, empresas da citricultura, inspetores). A partir disso pode se relacionar a AET com o PDS, uma vez que a primeira, no contexto de concepção, busca ampliar os espaços de confrontação entre as diferentes perspectivas sendo uma articulação, assim como o papel da gestão, no sentido de viabilizar o desenvolvimento de um dispositivo sob o ponto de vista da ergonomia da atividade.

A necessidade de criar os espaços de confrontação entre as diferentes perspectivas justifica buscar referencial na Pesquisa-Ação. Para Thiollent (1997), a Pesquisa-ação é um tipo de pesquisa organizada de modo participativo, com a colaboração de pesquisadores e de membros ou grupos implicados em determinada situação, de modo a identificar os problemas, buscar soluções e implementar possíveis ações.

A Figura 31 extraída de Pugh (1990) representa as áreas de pesquisa e análise necessárias para a identificação das necessidades do usuário, no entanto está aqui representada por orientar o processo de construção do PDS. A demanda é expressa inicialmente de maneira genérica e pouco delimitada, cabendo aos projetistas ou grupo de projeto elucidá-la e detalhá-la. Isso passa pela pesquisa na literatura acerca da legislação vigente, aspectos de segurança e meio ambiente, propriedade intelectual, referência de produtos análogos no mercado,

publicações científicas na área, dentre outras. As informações levantadas auxiliam a identificar restrições e oportunidades de ação.

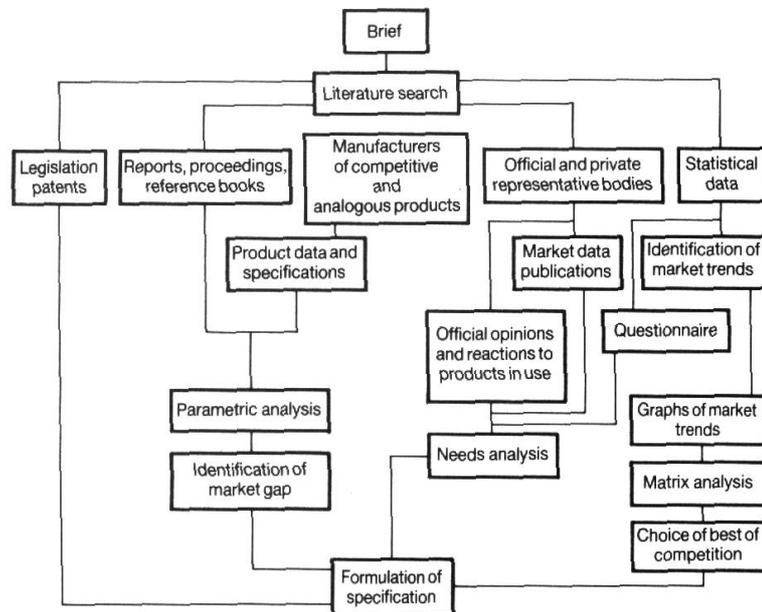


Figura 31 - Áreas de pesquisa e busca de informações para construção do PDS. Fonte: PUGH, 1990.

Nesta pesquisa, uma grande fonte de informação para identificar as especificações do produto foi a análise das necessidades, que se deu também pela análise da atividade realizada por Gonçalves, (2011), apresentada anteriormente no capítulo 2. A identificação das necessidades exigiu um cuidadoso processo de entendimento dos usos que o usuário faz do produto e as possibilidades tecnológicas dos mesmos para cobrir as necessidades latentes. As interações para identificar as opiniões e reações dos usuários com relação ao dispositivo foram realizadas por meio de Observação de Processo e Observação Participante, conforme apresentado na análise da atividade no capítulo 2. Para captar a percepção dos usuários acerca do produto foram realizados questionários aplicados na forma de entrevistas semi-estruturadas (APÊNDICE A). O registro das informações foi realizado com máquinas fotográficas e gravação de áudio e vídeo.

Os fatores considerados nas especificações foram:

- Desempenho do produto. Os benefícios que produto deve oferecer são qualificados, categorizando-os quanto à função principal e funções complementares. Busca-se estabelecer os fatores de desempenho do ponto de vista dos usuários.
- Aspectos ergonômicos. Deve ser analisada a natureza da relação dos produtos com o usuário, bem como as limitações do dispositivo com relação às particularidades desta atividade. Este fator visa estabelecer as características desejadas do ponto de vista do usuário.
- Processos de fabricação. Definição da base tecnológica utilizada para a fabricação do produto.
- Testes. Os testes dos produtos são realizados durante todo o processo de desenvolvimento, desde as primeiras fases até o protótipo final. Por isso os testes são especificados, bem como os métodos de avaliação a serem empregados.

Outras fontes de informação utilizadas para auxiliar a compor as especificações do produto, foram a revisão na literatura, busca por produtos semelhantes ou análogos no mercado e busca de anterioridade de patentes nos bancos de dados do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), *United States Patent and Trademark Office (USPTO)*, *European Patent Office (EPO)* e *Derwent World Patents*. Este conjunto de informações representam necessidades adicionais às dos usuários e também norteia todo processo do projeto.

No que se refere à atividade dos projetistas, a geração de um conceito é aquilo que representa o saber próprio e inerente à atividade. Após a definição das especificações, o desenvolvimento do conceito objetiva afunilar as possibilidades de soluções que atendam às especificações do PDS. Ao longo do processo de projeto, busca-se o aprofundamento dos conhecimentos acerca dos diferentes conceitos, fazendo interagir os diferentes atores. O conceito escolhido deve então evoluir por meio desta confrontação com as outras concepções.

Como resultado do projeto conceitual, deve-se conseguir uma representação para o produto com base em uma tecnologia dominada, tecnicamente viável. Segundo Clausing (1996), considerando o processo de desenvolvimento da qualidade total, nenhuma nova tecnologia é desenvolvida no processo de projeto. O autor estabelece um fluxo de tecnologias genéricas

que proporciona um alicerce tecnológico para novos produtos. “Quando um conceito de produto específico é desenvolvido, uma tecnologia já amadurecida é capturada da base tecnológica para ser integrada dentro do novo produto” (p. 106). Neste sentido, o projeto conceitual possibilita a continuidade do projeto fornecendo a base genérica sobre a qual será detalhado o produto.

Antes da conclusão do desenvolvimento conceitual o conceito deve ser testado. Nas aplicações em ergonomia existe a possibilidade dos testes serem realizados em um primeiro momento em ambiente virtual e num segundo momento com *mockups* e protótipos reais. Nesta pesquisa foram apenas realizados testes com protótipos reais.

Os testes devem ser conduzidos na perspectiva da funcionalidade, avaliando variáveis objetivas, mensuráveis e quantificáveis, e na perspectiva da percepção do usuário acerca da adequação à atividade de trabalho. O teste realizado durante o desenvolvimento conceitual desta pesquisa foi realizado em campo quanto à funcionalidade, embora as variáveis objetivas para quantificar funcionalidade ainda não houvessem sido definidas, devido ao processo de estruturação do problema ainda estar em curso. As especificações de teste foram definidas apenas para as fases de detalhamento e validação. Quanto à percepção do usuário, na fase de desenvolvimento do conceito foram coletadas informações por meio de registro fotográfico e gravação das verbalizações dos usuários utilizando gravador de voz, enquanto nas fases posteriores a análise foi complementada pela realização de questionários fechados aplicados em forma de entrevistas (APÊNDICE A).

As questões apresentadas são suficientes para caracterizar o processo de projeto conceitual de um problema anteriormente não estruturado. As abordagens adotadas buscaram estabelecer um consenso negociado entre os participantes da equipe de projeto. Superada a etapa de Projeto Conceitual, restringe-se o projeto a uma base conceitual capaz de dar suporte ao processo de detalhamento do produto.

### **3.2.2. Projeto Detalhado**

Ao final do processo de desenvolvimento conceitual deve-se poder realizá-lo do ponto de vista técnico, bem como, reunir evidências significativas de que o mesmo é adequado à atividade a que se destina. Do ponto de vista teórico, ao longo do processo de

desenvolvimento do conceito realiza-se a passagem de um problema não estruturado de projeto para um problema estruturado.

Uma vez estruturado o problema, lança-se mão de abordagens fundamentadas na teoria de sistemas, decompondo o produto em subconjuntos e componentes com funções abstratas. Tal abordagem é perfeitamente possível a partir da especificação detalhada do conceito do produto (PUGH, 1990).

A partir desta representação, são estabelecidos princípios de soluções que realizem tais funções, de forma que a combinação destas soluções atenda as especificações estabelecidas. O resultado deste processo é o produto detalhado em termos de seus componentes. Todos os produtos possuem componentes que em maior ou menor grau são definidos de forma geral na fase de projeto conceitual, mas que podem variar significativamente no detalhamento devido às possibilidades tecnológicas e de métodos de manufatura.

Se o produto é conceitualmente estático, então o processo produtivo estará estabelecido antes do projeto do produto ter início. Assim, o sistema para fabricar o produto tende apenas a mudar se ocorrerem avanços tecnológicos no processo de manufatura ou se os houver mudança conceitual em um dos componentes do produto, gerando uma demanda por alteração no sistema produtivo. Por outro lado, se o produto é totalmente dinâmico conceitualmente, pode se tornar impossível especificar o processo produtivo necessário até que as características do produto sejam definidas. Assim, o processo de fabricação evoluirá conforme o desenrolar do projeto do produto.

Segundo Pugh (1990), considerando a engenharia simultânea, se o projeto do produto e o projeto do processo produtivo são pensados como atividades distintas sequenciais, inevitavelmente haverá atrasos em levar novos produtos para o mercado. Isto pode ser evitado se as atividades de projeto do produto e seu processo de manufatura forem desenvolvidos em paralelo.

Na forma ideal de engenharia simultânea, o projeto detalhado do produto é desenvolvido paralelamente ao desenvolvimento da capacidade produtiva, capacidade de suporte de campo e qualidade. A qualidade é desenvolvida paralelamente ao projeto de produto e ao desenvolvimento da capacidade produtiva e de suporte de campo (Clausing, 1989 apud PUGH, 1990).

Nesta pesquisa, o detalhamento do projeto foi realizado a partir da análise da tecnologia disponível por uma revisão da literatura e busca por produtos similares no mercado, o que permitiu constatar sua factibilidade técnica. Neste sentido, contou-se com colaboração da parceria com a Embrapa Instrumentação Agropecuária e sua competência na área de óptica para expandir os conceitos relacionados a esta área do conhecimento.

A partir da especificação detalhada do conceito, o produto foi decomposto em dois subconjuntos: Lente e Armação, gerando o detalhamento ao nível de componentes. Maior atenção foi dada ao componente Lente, devido ao desconhecimento prévio da tecnologia e desafio para cumprir as especificações determinadas principalmente quanto ao desempenho, respeitando as restrições definidas pelos aspectos ergonômicos. Com relação à Armação, restringiu-se a adoção de um modelo sem maiores estudos a respeito, no entanto existe potencial de melhorias a serem estudadas em trabalhos futuros.

Considerando o processo produtivo do componente Lente, buscou-se o trabalho de cooperação junto a uma indústria fabricante de lentes ópticas corretivas, situada na cidade de São Carlos/SP. A estrutura física da manufatura já estava estabelecida antes do início do projeto do produto, no entanto o processo de fabricação específico para este produto foi desenvolvido em paralelo ao detalhamento do componente, com o intuito de atender as especificações para a identificação de HLB da citricultura. As especificações do processo produtivo deste produto eram até então desconhecidas, de forma que o processo de fabricação foi definido conforme as características do produto eram avaliadas quanto à qualidade com o suporte da análise de campo.

Todas as avaliações das lentes tiveram o suporte técnico da Embrapa Instrumentação Agropecuária para análise do espectro de transmitância obtido em sua estrutura laboratorial.

Como resultado do detalhamento, tem-se então a definição do processo produtivo e o protótipo real para ser avaliado e validado quanto ao atendimento das especificações e percepção dos usuários.

### **3.3. Validação**

O resultado de um processo de projeto realizado sob a orientação da AET é a materialização das recomendações ergonômicas e das especificações para atender à demanda, ou seja, é a materialização do próprio processo de AET. “A análise da atividade em sua fase de validação não é mais conduzida unicamente pelo ergonomista, mas é co-produzida pelo observador e observado” (VIDAL, 2003, p. 277).

A validação do produto é da interpretação feita pelo projetista relativa aos resultados de sua atividade, orientada pelos preceitos de ergonomia. Ou considerando uma intervenção ergonômica, seria a interpretação do ergonomista em relação à sua ação. Esta validação é feita, em primeira instância, pela confrontação das interpretações do ponto de vista dos trabalhadores com relação ao bem estar e conforto, mas sem abandonar os critérios de eficácia produtiva e qualidade do trabalho. E em uma segunda etapa seria construída pela confrontação dos resultados segundo avaliação feita pelo ponto de vista dos gestores e do pessoal técnico, apoiada em dados sobre o estado da situação antes e depois da intervenção (DEJOURS, 2004).

No entanto, uma vez que a ergonomia é sustentada por duas intenções básicas de produção de conhecimento e racionalização da ação, isto cria certa tensão epistemológica, já que os critérios de validade do conhecimento e de validade da ação são diferentes. O modelo feito pelo ergonomista e produzido sobre dada situação de trabalho deve ser operante e sua estrutura reflete a ambição de agir para transformar as condições de trabalho (PIZO et al., 2010).

Segundo Dejours (2002), é somente quando os resultados de uma intervenção superam todas as etapas de validação que se tornam exploráveis no nível propriamente científico. Estas etapas de validação seriam, não só a validação pelo atores conforme já mencionado, mas também pelos pares.

Daniellou (2004a) afirma que uma vez que a ergonomia possui um caráter integrador de conhecimentos oriundos de várias áreas, retornar os conhecimentos produzido pela intervenção ergonômica ao ”meio” da área de conhecimento feito pelos pesquisadores faz com que o pesquisador tenha que “traduzir” o método de pesquisa reconhecido pelos pares do “meio” da ergonomia para um método reconhecido pelos pares da sua área de conhecimento de origem.

Por isso é importante que a condução da pesquisa e a representação do conhecimento sejam aceitas pela comunidade na qual se quer validá-la, pois assim a esta pesquisa é dada o reconhecimento reivindicado, ainda que aceitação seja dinâmica e se altere com o tempo.

Nesta pesquisa, a validação do produto junto aos inspetores foi realizada com a contribuição do Fundo de Defesa da Citricultura (FUNDECITRUS) na intermediação com os produtores de citros para conseguir as propriedades para realizar o pré-teste e os experimentos de validação. A validação na instância da percepção dos trabalhadores em relação ao uso do dispositivo foi realizada por entrevistas semi-estruturadas. As entrevistas foram realizadas individualmente com os inspetores após o término do período de cada experimento. A princípio a abordagem foi como uma conversa a respeito da utilização do dispositivo de maneira geral, em que um questionário (APÊNDICE A) serviu como guia para abordar as dimensões pretendidas quanto à influencia do ambiente, adaptação, desconforto e eficiência na identificação da planta doente, no entanto, houve flexibilidade no sentido de possibilitar o surgimento de percepções a respeito de outras questões não definidas previamente. As informações e verbalizações foram registradas por anotações ao decorrer da entrevista.

Também foram realizadas reuniões com os inspetores participantes (Figura 32) no sentido de debater a respeito da percepção do grupo de maneira geral.



Figura 32 – Reunião de debate em campo acerca do experimento. Fonte: ARANTES, 2013

Para retornar os conhecimentos produzidos às áreas de conhecimento, foi realizada a validação junto à área da citricultura com engenheiros agrônomos do FUNDECITRUS e das propriedades onde os experimentos foram realizados, no sentido de obter o reconhecimento pelos pares. Para tanto, experimentos de campo foram planejados e seus dados tratados estatisticamente por análise de variância (ANOVA) para verificar a correlação do uso do produto na atividade de inspeção quanto à eficiência na identificação de HLB.

Os resultados obtidos levantam questões que podem ser abordadas em estudos futuros para melhoria tanto do dispositivo quanto da definição de experimentos para a continuidade da avaliação desta nova realidade de trabalho. “A avaliação efetuada na partida deverá ser retomada alguns meses mais tarde, pois a concepção prossegue no uso e novos modos de uso serão desenvolvidos pelos usuários” (DANIELLOU, 2004b, p.313).

### **3.4. Procedimentos de pesquisa**

Esta pesquisa contou com o auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP. O trabalho faz parte da AET da inspeção de HLB, conforme proposto por Guérin et al. (2001), seguindo as etapas apresentadas por Abrahão et. al (2009) e desenvolvido por Gonçalves (2011). A AET foi realizada para compreender as estratégias que os inspetores utilizam para a execução de seu trabalho e identificar quais aspectos, ainda não esclarecidos, dificultam a identificação da doença.

“A análise da atividade revela detalhes sobre as estratégias e ações das pessoas, explicitando em última medida a “intimidade do trabalho” (ABRAHÃO et al., 2009, p.218). A partir do ponto de vista da atividade é possível elucidar aspectos da situação de trabalho da maneira que realmente acontecem, permitindo entender o trabalho real e propor melhorias mais condizentes com as necessidades do trabalho.

O processo de Análise da Atividade foi realizado como parte do método de trabalho de Gonçalves (2011), conforme apresentado na seção 2.2., em que revelou a realidade do trabalho de inspeção de HLB. Esta análise foi construída por observações globais e abertas da atividade durante as visitas realizadas à Fazenda Cambuhy, na região de Matão-SP, os registros foram feitos por meio de filmagens, fotos, gravadores de áudio e anotações dos pesquisadores a respeito das observações e verbalizações dos trabalhadores.

A partir das filmagens, fotos e gravações, foram realizadas observações sistemáticas e perguntas para uma entrevista semi-estruturada realizada individualmente com os trabalhadores. Algumas perguntas mais específicas foram realizadas no curso da ação e uma breve reunião com 5 inspetores foram realizadas na Fazenda Cambuhy. A análise dos dados permitiu a elaboração de um pré-diagnóstico. Este pré-diagnóstico foi validado em uma reunião realizada no PSPLab da UFSCar, em que estavam presentes 10 inspetores e 3 pesquisadores do projeto, a fim de confrontar as percepções da atividade de inspeção com a perspectiva dos inspetores.

A partir disso foi possível compreender melhor o trabalho de inspeção e identificar algumas características importantes a serem consideradas no desenvolvimento dos dispositivos. Os recortes da atividade de inspeção foram definidos quanto à caracterização da atividade, movimentos e posturas adotadas pelos inspetores, as formas de procura pelos sintomas e

dificuldades encontradas. Os resultados serviram de base para o processo de projeto do produto abordado nesta pesquisa.

A AET permitiu identificar especificidades da atividade de inspeção de HLB que determinaram as especificações do produto e conseqüentemente a seleção do conceito de projeto. O desenvolvimento do conceito foi realizado por meio de uma busca bibliográfica e análise das possibilidades de ação embasadas na AET. Contrapondo-se à literatura que apresenta tentativas de desenvolvimento de métodos de diagnósticos de HLB em campo automatizados, a escolha foi por conceito de dispositivo óptico que auxilie o inspetor de HLB a melhor detectar a doença, mas sem suprimir características e estratégias utilizadas pelos trabalhadores para a realização de sua atividade. A solução definida foi de intensificar o contraste das cores do “mosqueado” característico do HLB utilizando filtros de luz, de forma a facilitar a identificação da doença por parte dos inspetores.

Neste sentido, esforços foram colocados na busca de parcerias com experiência, competência e estrutura laboratorial na área ótica e instrumentação para o desenvolvimento de uma lente com filtros de luz adequados às necessidades do trabalho de inspeção. Assim, foi estabelecida uma parceria com a Embrapa Instrumentação Agropecuária de São Carlos.

Fruto desta parceria, um óculos com efeito semelhante ao pretendido, chamado “Óculos de detecção de stress em plantas” foi encontrado no mercado e uma unidade do mesmo importada e analisada, no entanto algumas limitações deste dispositivo foram identificadas. Verificou-se que a lente do dispositivo é muito escura, o que dificulta a visualização de detalhes das plantas e suprime características utilizadas pelos inspetores como, por exemplo, a folha pontuda e empinada. O dispositivo intensifica o contraste entre a cor verde e a cor amarela, no entanto quando aplicado à detecção de HLB em campo, a coloração destacada não corresponde às características típicas de sintomas iniciais da doença, onde justamente existe a maior necessidade de contribuição perceptiva para os inspetores. O amarelo destacado por este dispositivo corresponde a sintomas mais avançados, em que os inspetores não apresentam tanta dificuldade se comparado com sintomas em estágio inicial.

A partir destas limitações, pensou-se em lentes semelhantes às destes óculos, mas com desempenho mais adequado às características específicas da doença do HLB e do trabalho de inspeção, adentrando assim na fase de detalhamento do projeto.

Embasados em um estudo da Teoria das Cores, foi definido a cor teórica ideal para que o filtro de luz proporcionasse o efeito desejado. Assim, foi estabelecido contato com fornecedores de filtros de luz e adquiridos três diferentes filtros de acordo com a cor teórica determinada. Testes preliminares em campo com estes três filtros foram realizados com os inspetores da Fazenda Cambuhy, na região de Matão/SP, para verificar a percepção dos usuários e sua funcionalidade. Além da análise visual em campo, medidas do espectro de transmitância foram efetuadas no laboratório da Embrapa Instrumentação Agropecuária para verificar a faixa do espectro de transmitância adequada, ou seja, os comprimentos de onda correspondente às cores que se desejava observar. Desta forma foi definido o filtro de luz adequado para a atividade de inspeção visual de HLB.

Verificada a viabilidade técnica e determinado o filtro de luz adequado para a atividade, foi realizado um estudo para a fixação deste filtro de luz a uma armação que tornasse possível a utilização do dispositivo em campo. Inicialmente esta fixação foi investigada por meio da laminação do filtro de luz a uma película adesiva transparente que permitisse a adesão do conjunto ótico a um óculos de proteção individual, porém sem sucesso.

Após esta tentativa, a estratégia definida foi estabelecer um trabalho de cooperação junto a uma indústria fabricante de lentes ópticas corretivas, situada na cidade de São Carlos/SP. O trabalho de cooperação com a fabricante de lentes ópticas corretivas teve início no dia 10 de Outubro de 2011 com o intuito de agregar o conhecimento específico no assunto para incorporar o filtro de luz escolhido a uma lente óptica de forma a atender o conceito desenvolvido na fase anterior de projeto. A empresa deu todo o suporte para o desenvolvimento, permitindo acesso a sua linha de produção de lentes corretivas com acompanhamento e orientação do técnico em óptica responsável. O processo para reproduzir o efeito desejado é chamado de Coloração, que é a exposição de uma lente por determinado tempo em solução de colorante em pó ou líquido, neste caso utilizamos apenas colorantes em pó. A intensidade da cor depende do tempo de exposição da lente em solução, quanto maior o tempo, mais intensa a coloração.

Um colorante de pigmentação desejada foi adquirido pela empresa e demais testes foram realizados variando-se o tempo de exposição da amostra (lente) em solução até se obter a coloração próxima à desejada, sempre comparando-se com o filtro de luz escolhido anteriormente. Em seguida, outras duas tonalidades desta mesma cor foram obtidas variando o

tempo de exposição da amostra em solução, e testadas visualmente para verificar qual apresentava maior efeito de contraste entre as cores do mosqueado. A Embrapa Instrumentação Agropecuária realizou a medição dos espectros de transmitância para comparar estas amostras entre si e com o filtro de luz escolhido anteriormente.

Das três amostras de mesma cor e diferentes tonalidades, uma foi escolhida por ser a de melhor desempenho de contraste. Esta definição de desempenho foi visual pelos próprios envolvidos no projeto. A partir desta decisão, mais uma série de experimentos foi realizada para obter o ajuste fino da tonalidade, ou seja, foram realizados testes com uma variação menor de tonalidade em torno da amostra com melhor desempenho. Após obtenção das amostras, foi realizado o processo de montagem em óculos de segurança para preparação de protótipos de testes. No dia 6 de Dezembro de 2011 os protótipos foram levados a Fazenda Entre Rios, em Gavião Peixoto/SP, para verificação da percepção dos inspetores em relação ao produto. Embasados na opinião dos inspetores, foi definida a tonalidade da cor que apresentou maior potencial para a aplicação de identificação de HLB em campo. Para esta decisão foi considerado o desempenho quanto à intensificação do contraste e conforto visual.

Um colorante de diferente pigmentação também foi adquirido devido ao espectro de transmitância apresentado no catálogo de vendas do fabricante ser bastante próximo do desejado, no entanto o efeito da amostra colorida com esta pigmentação não apresentou resultados satisfatórios com relação ao contraste.

O processo de fabricação foi desenvolvido em paralelo ao detalhamento das características da lente, portanto ao se definir a coloração e tonalidade da lente, conseqüentemente também foram definidos os parâmetros de fabricação. A amostra escolhida foi caracterizada quanto ao espectro de transmitância assim como as anteriores.

Após a definição da lente e dos parâmetros de fabricação, foram requisitados 6 óculos iguais para realizar um experimento de impacto do produto em relação a inspeção de HLB, tanto quanto à eficiência quanto à percepção do usuário. Neste ponto algumas dificuldades surgiram devido a não reprodutibilidade do processo de fabricação, considerando a coloração desejada em função dos parâmetros de fabricação estipulados anteriormente, assim o controle da coloração desejada foi realizado visualmente. Paralelamente a isso foi dado início ao processo de busca de anterioridades como parte do processo de pedido de patente do produto junto à Agência de Inovação/UFSCar. Quanto aos parâmetros de fabricação, estudos mais

aprofundados devem ser realizados futuramente para padronização do processo de fabricação, no entanto não foram abordados diretamente nesta pesquisa.

Para avaliar o impacto do produto, foi realizado um pré-teste entre os dias 2 e 6 de Janeiro de 2012. Devido o período do ano ser reconhecido como de baixa manifestação de sintomas da doença HLB, foi escolhida sob orientação do Fundecitrus uma propriedade com alto grau de infestação na região de Boa Esperança do Sul/SP, para que o número da amostra de plantas infectadas fosse significativo. Para a preparação do pré-teste foi necessário visita no dia anterior ao início da análise para definição da área do experimento, delimitação dos talhões, planejamento da sequência de testes e demais definições operacionais de execução. Para este teste foram distribuídas sete inspetoras, sendo três do Fundecitrus e quatro da empresa Fischer, em três equipes de inspeção, de maneira a deixar pelo menos uma inspetora de cada na mesma equipe. As três equipes se revezaram em três quadras da propriedade, durante três dias. Foram considerados três tratamentos: Com óculos de identificação de HLB; Placebo, que seria um óculos com lente transparente sem efeito algum no contraste das cores do mosqueado; Inspeção sem óculos, como normalmente é realizado. Toda a inspeção foi realizada a pé. Como prática de adaptação foi definido um tempo de aproximadamente 2 horas de inspeção com o produto antes de iniciar a análise. Cada dia uma equipe inspecionou uma área diferente com um tratamento diferente, de forma que nenhuma equipe inspecionou duas vezes a mesma área, nem utilizou dois tratamentos diferentes, ou seja, ao todo cada área foi inspecionada por três equipes, cada dia com um tratamento diferente, assim pode-se comparar para cada área, quanto de HLB foi encontrado com cada tipo de tratamento.

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente por análise de variância (ANOVA) para verificar se há diferença significativa do uso do produto na atividade de inspeção quanto à eficiência na identificação de HLB. Foi realizado registro áudio visual dos trabalhadores com o produto em uso e aplicado questionário fechado para análise da percepção dos inspetores. Os resultados obtidos levantaram questões importantes a serem abordadas para a definição dos experimentos de validação.

O primeiro experimento de validação foi realizado na Fazenda Cambuhy na região de Matão/SP que possui um controle bastante rígido de HLB. O procedimento seguido foi similar ao anterior, intercalando 3 equipes em 3 áreas diferentes com os 3 tipos de tratamento (óculos rosa, óculos branco e sem óculos). Particularidades deste experimento é que foi

realizado utilizando plataformas de inspeção entre os dias 15 de Agosto e 5 de Setembro de 2012, portanto em um período bem maior que os 3 dias de pré-teste anterior.

A utilização de plataformas acarretou em uma marcação das plantas infectadas por fitas para que estas fossem erradicadas posteriormente. Uma limitação deste experimento foi com relação à impossibilidade de retirar estas fitas entre a permutação das equipes em cada área de inspeção. Como as plantas detectadas por cada equipe foram marcadas e permaneceram com fitas no campo, a avaliação foi realizada considerando as “plantas a mais” encontradas por cada equipe, mas não detectadas pela(s) equipe(s) anterior(es). Os dados obtidos foram analisados segundo teste de comparação de médias Scott-Knott. Assim como no pré-teste, foi realizado registro áudio visual dos trabalhadores com o produto em uso e aplicado questionário fechado para análise da percepção dos inspetores.

Um segundo experimento de validação foi realizado com o intuito de replicar o experimento anterior, mas superando as limitações com relação à retirada de fitas entre as permutações das equipes. Assim, foi realizado experimento na Fazenda Redenção, próximo a Anhembi, região de Piracicaba/SP com a colaboração da Citrosuco/Fisher. Com configuração similar ao segundo experimento, foram realizados um terceiro experimento na fazenda Emú, próximo à Reginópolis/SP também com colaboração da Citrosuco/Fisher e ainda um quarto experimento na fazenda Santa Alice, região de Bebedouro/SP, com colaboração da empresa Cutrale. Maiores informações a respeito dos experimentos serão apresentados no capítulo 4 em que serão descritos detalhadamente.

O capítulo 3 providenciou a discussão a respeito da forma como o projeto de engenharia, representado pelo modelo Business Design Activity, se articula com o método de Análise Ergonômica do Trabalho (AET) para nortear a coleta de dados a responder o problema proposto desta pesquisa.

Como visto, foi necessária uma parceria com a Embrapa Instrumentação Agropecuária e trabalho de cooperação com uma fabricante de lentes ópticas corretivas para o detalhamento do projeto e obtenção do protótipo. Por sua vez o Fundecitrus teve papel essencial na pesquisa como articulador junto ao setor providenciando as propriedades para realização dos experimentos, e também atuando como referência sob os critérios de área de conhecimento da citricultura, à validação dos conhecimentos produzidos na intervenção e seus resultados.

#### **4. Análise dos resultados**

Partindo-se da premissa de que a utilização de dispositivos desenvolvidos a partir do ponto de vista da ergonomia da atividade pode auxiliar os inspetores de HLB a aumentar sua eficiência de inspeção, este capítulo apresenta os dados obtidos durante o processo de projeto e orienta os resultados para uma análise no sentido de confirmar a premissa. Os resultados fundamentam a resposta à outra questão colocada nesta pesquisa que é como a produção de conhecimento em ergonomia da atividade contribui para a concepção de dispositivos. Esta questão será discutida em mais profundidade no capítulo 5 para apresentar a contribuição da pesquisa para o campo de conhecimento.

Este capítulo está dividido em quatro partes. A seção 4.1 trata do Projeto Conceitual. Nela é realizada a Análise da Demanda, conforme a Análise Ergonômica do Trabalho (AET) realizada Gonçalves (2011), no sentido de esclarecer a demanda. O estudo da autora fornece dados que permitem compreender o trabalho de inspeção de HLB, a partir dos quais foram definidas as especificações e restrições para o processo de projeto. Nesta fase também é definido o conceito do dispositivo a ser desenvolvido.

A seção 4.2 trata do Projeto Detalhado. Nesta seção o conceito desenvolvido na fase anterior é explorado para conseguir sua factibilidade técnica. A partir de uma busca por produtos semelhantes no mercado e uma revisão da literatura, são apresentados os estudos realizados para desenvolver o dispositivo e para definir os parâmetros de fabricação.

A seção 4.3 trata dos testes de Validação. Nesta seção é apresentado como foram aplicados os testes de desempenho do dispositivo quanto à influência sobre a eficiência de inspeção de HLB e também o resultado dos métodos aplicados para captar a percepção dos usuários em relação ao dispositivo.

##### **4.1. Projeto conceitual (Demanda, especificação e conceito)**

A análise da demanda desta pesquisa foi realizada por Gonçalves (2011), como parte de seu método de Análise Ergonômica do Trabalho (AET) de inspeção visual de HLB. Buscando a compreensão e reformulação da demanda inicialmente apresentada, a autora se aproximou dos diversos atores envolvidos com a inspeção de HLB para tentar analisar os diferentes pontos de vista. Segundo a autora, a demanda inicial não ficou evidente, de forma que o que se percebia inicialmente era uma facilidade inerente aos inspetores em confirmar os sintomas. No entanto,

com o tempo os escapes (plantas com sintomas que não foram identificadas) foram ficando mais evidentes, bem como a identificação de muitas dúvidas com relação ao diagnóstico de plantas com sintomas muito iniciais. Após várias visitas a demanda foi confirmada com relação às dificuldades dos inspetores de HLB em identificar e diagnosticar os sintomas nas plantas. No entanto esta fase não necessariamente termina antes de começar as demais, outras questões não consideradas na demanda inicial podem surgir revelando outros aspectos e perspectivas da demanda, anteriormente negligenciados.

Como parte da AET realizada por Gonçalves (2011), foi feita a análise da atividade para caracterizar a atividade de inspeção visual de HLB. A caracterização foi anteriormente apresentada na seção 2.2, sobre o trabalho dos inspetores de HLB, figura 5. De maneira geral, foi dividida em procurar pelos sintomas, encontrar os sintomas e sinalizar ao tratorista, indicar suspeita, confirmar os sintomas, e amarrar a fita para erradicação. Considerando a caracterização da atividade e os mecanismos cognitivos construídos pelos inspetores a partir de suas experiências e das instruções que lhes é passada, a autora divide a inspeção em duas etapas:

- 1) Identificação do “pé candidato”, quando o inspetor está observando as plantas com a plataforma em movimento;
- 2) Análise Fina, quando, após parar o trator, a plataforma se dirige ao pé candidato e, então, com o trator parado, o inspetor pode examinar a suspeita com mais cuidado, confirmando ou não a doença.

Nesta pesquisa vamos abordar a etapa de identificação do pé candidato, uma vez que segundo Gonçalves (2011), é considerada a etapa mais importante por sinalizar as possíveis plantas sintomáticas e sem ela não ser possível evoluir para a segunda etapa.

A pesquisa de Gonçalves (op. cit.) confirmou a suposição de que a atividade de inspeção demanda um grande esforço visual e identificou outras características na identificação dos sintomas ainda não reportados. A representação mental dos inspetores verificada pela autora na etapa de identificação do pé candidato foi previamente apresentada na seção 2.2.3 sobre Ergonomia cognitiva e inspeção de HLB, figura 5. Quando questionados a respeito de como identificam os sintomas na fase de procura, os trabalhadores relatam que procuram primeiro por ramos com folhas amareladas. Quando há a presença de frutos na planta, este é o segundo

fator a ser considerado. Neste caso, os inspetores procuram por frutos deformados, tortos, murchos, com coloração verde amarelada ou acinzentada, com fase de maturação diferente dos demais. Quando não há frutos na planta, os inspetores recorrem novamente à sintomatologia da folha, comparando com outras doenças de sintomas semelhantes, bem como deficiências nutricionais. Outra característica procurada pelos inspetores é a presença de galhos desfolhados, no entanto este é um sintoma tardio e em propriedades com um controle rigoroso de HLB não espera-se encontrar este tipo de característica. Embora estes fatores possam ter sido ensinados aos inspetores em algum momento por instruções da fazenda, a autora revela que não existe treinamento formal que atenda às exigências da atividade, pois sua importância não é reconhecida pela organização.

(...) Em decorrência da carência de organização formal do trabalho, que se classifica como variabilidade normal a este trabalho (GUÉRIN et al., 2001b), observam-se estratégias e modos operatórios construídos pelos inspetores, mas desconhecidos pela organização e muitas vezes pelos próprios inspetores, para localizarem os pés candidatos à análise fina de averiguação dos sintomas. Nota-se então, a que a ocorrência de uma variabilidade não prevista nas prescrições da tarefa conduz ao aparecimento do “saber prático”, edificado a partir da experiência e conhecimentos adquiridos durante a atividade (GONÇALVES, 2011, p.148).

O saber prático mencionado pela autora se deve aos conhecimentos não formais identificados pela autora na estratégia dos inspetores mais experientes. Um deles é o aspecto pontiagudo e empinado, também chamado de “envassouramento” do ramo (figuras 6 e 7). Esta característica identificada pelos inspetores não lhes é ensinada formalmente, no entanto é confirmada por trabalhos científicos que reportam, além do mosqueado, folhas contaminadas com HLB com formato assimétrico, distorcidas (BOVÉ, 2006) e com orientação perpendicular e menor distância internodal (LIN e LIN, 1956). Os autores afirmam ainda que tais sintomas se manifestam antes mesmo do mosqueamento nas folhas. Estes aspectos são, portanto, extremamente importantes para a identificação visual da doença pelos inspetores e se conferem assim como uma “antecipação do saber científico” pelo saber tácito, não formal e prático dos trabalhadores.

O mesmo ocorre para outro sintoma de HLB que alguns inspetores identificam como um “aspecto de um plástico” das folhas e acrescentam que retêm menos sujeira. Esta característica já havia sido reportada há mais de 50 anos por Lin e Lin (1956), no entanto

também não lhes é ensinada. Pode-se verificar também que os inspetores conseguem visualizar os sintomas nas folhas das plantas mesmo em folhas que sejam vistas por baixo, ou “de costas”, pois quando irradiadas pelo sol é possível enxergar as oscilações do verde e amarelo. Desta forma, minimiza o problema de não vê-las por cima quando estão posicionados em alturas inferiores a altura do sintoma. Outra forma apontada pelos inspetores para encontrar o HLB é antecipar a procura em umas duas ou três árvores adiante. Ou seja, ao invés do inspetor visualizar as árvores à sua lateral, ele procura em torno de duas ou três árvores à frente com o objetivo de ampliar seu campo visual. Uma vez avistada uma suspeita em uma planta adiante, o inspetor tem a oportunidade e tempo de verificar se os aspectos que levantaram suspeita são suficientes para solicitar uma parada ao tratorista e passar para a etapa de análise fina.

O que pode-se verificar é que as características e estratégias identificadas por Gonçalves (2011) são provenientes de competências atribuídas ao conhecimento, experiência e habilidades. A experiência, neste caso diminui a complexidade da tarefa para inspetores mais antigos, dado que são capazes de perceber detalhes, não deliberados em treinamentos, mais facilmente.

A autora ainda revela que a ausência de treinamento formal abrangente que contemple as duas etapas de inspeção em plataformas, implica necessariamente em um processo de reajuste, pelos inspetores, para garantir a conclusão da tarefa. A ausência de treinamento formal fomenta a distância entre trabalho real e trabalho prescrito, dando maior abertura para a existência de variabilidade. Considera-se por variabilidade tudo o que está associada ao não previsto e é manifestado dentro das situações produtivas. Conforme Abrahão et al. (2009, p.62): “O objetivo do estudo da variabilidade não é suprimi-la, mas compreender como os trabalhadores enfrentam a diversidade e as variações das situações, quais as consequências para saúde e para a produção”.

Considerando isso, a reflexão colocada na seção 1.2 a respeito da especificidade do trabalho de inspeção de HLB pode ser aqui retomada. A respeito do trabalho de inspeção de HLB, verifica-se que existe uma variabilidade intrínseca, em que as características e estratégias operatórias reveladas por Gonçalves (2011), são inerentes aos inspetores. O saber prático desenvolvido por meio da experiência e vivência, apresenta restrições quanto a sua objetivação. Assim, a atividade de inspeção visual de HLB apresenta caráter único e

exclusivo dos trabalhadores, portanto, devido a sua variabilidade, se apresenta como limitante à automação.

No que se refere às questões relacionadas à visão dos inspetores, Gonçalves (2011) revela que as habilidades cognitivas requisitam grandes exigências visuais para a realização da atividade, pois é a principal forma de percepção deste trabalho. A informação visual é responsável pelo reconhecimento, organização e entendimentos dos estímulos ambientais, no entanto, a percepção visual, no caso do inspetor de HLB, muitas vezes é deturpada por fatores ambientais como a claridade, reflexo dos raios solares, sombras causadas pela própria árvore sobre ela mesma, ou até mesmo ruídos e abalos da plataforma que desviam a atenção e prejudicam a atividade. A autora ainda ressalta que, dado o valor da visão no trabalho do inspetor, uma questão a ser considerada é o comprometimento de alguns aspectos da visão com o avançar da idade. A idade altera a capacidade das pessoas enxergarem objetos próximos devido à alteração no processo de acomodação. Superfícies e luzes claras passam a provocar maior incômodo devido ao aumento da sensibilidade à luz. Outro fator importante em pessoas mais velhas é a diminuição da acuidade visual, interferindo na capacidade de discriminação de pequenos detalhes. Idades avançadas também prejudicam a habilidade de discriminar cores. Observa-se, portanto, que existem variações e dificuldades na inspeção que exigem continuamente da visão. Situação que pode fatigar os músculos que atuam nesse processo e acentuar as dificuldades da inspeção após um período razoável de atividade.

Assim, a fim de tornar as inspeções visuais mais eficientes, surgem da AET realizada por Gonçalves (2011) recomendações a respeito do constrangimento cognitivo de dificuldade de visualizar os sintomas de HLB nas plantas, a partir dos quais é dado direcionamento para o processo de projeto a que esta pesquisa se dedica. São eles:

- Pausas periódicas para descanso visual e cognitivo, devido à atenção, memorização e tomada de decisões;
- Treinamento que atenda pontualmente as necessidades, devido à ausência de conhecimento formal eficiente;
- Lentes de óculos apropriados para inspeção, devido à claridade, incidência de raios solares sobre os olhos dos inspetores, sombra ou má visualização.

É nesta última recomendação que esta pesquisa atua, portanto a partir da Análise Ergonômica da Atividade de Gonçalves (2011), as características da atividade de inspeção foram consideradas para o processo de projeto a fim de determinadas as especificações para o dispositivos:

- O dispositivo deve auxiliar o inspetor a identificar HLB, não substituí-lo.
- O dispositivo não pode gerar efeitos nocivos à saúde do trabalhador.
- O desempenho (eficiência) da inspeção utilizando o dispositivo deve ser maior ou igual à inspeção visual atual.
- O dispositivo não deve impossibilitar ou restringir que os inspetores utilizem suas estratégias para identificar a doença.
- O dispositivo deve permitir a identificação do ramo amarelo, mosqueado característico de HLB.
- O dispositivo deve permitir que o inspetor identifique a doença pelo fruto.
- O dispositivo deve permitir que o inspetor identifique a doença pela característica de folha pontiaguda ou empinada.
- O dispositivo deve permitir que o inspetor identifique a doença pelo “aspecto plástico” da folha.
- O dispositivo deve permitir que o inspetor identifique a doença olhando a folha por baixo ou “de costas”.
- O dispositivo deve ampliar as possibilidades de utilização de modos operatórios pelos inspetores, não restringi-los.

Após a definição das especificações, o desenvolvimento do conceito objetiva afunilar as possibilidades de soluções que atendam às especificações. Assim, o conceito levantado foi de um dispositivo como uma lente que ampliasse alguma das características utilizadas pelos inspetores diagnosticarem a doença, sem restringir a identificação de outras características que fazem parte da estratégia operatória do inspetor. A característica definida para abordar foi

da coloração da folha, por ser esta essencial na estratégia utilizada pelos inspetores na identificação da doença, conforme revelado por Gonçalves (2011). O conceito do dispositivo escolhido foi, portanto, aumentar a percepção do inspetor em relação às cores características da folha mosqueada, já que este é o primeiro sintoma buscado na fase de procura. Assim, foram incluídas outras especificações:

- O dispositivo deve proporcionar segurança ao trabalhador.
- O dispositivo deve intensificar o contraste entre o verde e o amarelo do mosqueado característico de HLB.
- O dispositivo deve proteger a visão do inspetor do sol (raios UVB).
- O dispositivo deve proporcionar conforto visual para o inspetor.
- O dispositivo não pode embaçar a ponto de impossibilitar a atividade ou em frequência que a limpeza a torne improdutivo.
- O dispositivo deve ser facilmente lavável.
- O dispositivo deve ter peso adequado para sua utilização diária.
- O dispositivo/produtos deve ter ajustagem adequada para usuários de diferentes tamanhos.

Portanto, o conceito desenvolvido foi, em termos gerais, um uma lente que auxilie o inspetor na identificação de HLB pela intensificação do contraste entre as cores verde e amarela, característico da folha mosqueada da doença, proporcionando segurança e sem agredir a sua saúde.

Outra fonte de especificação utilizada nesta pesquisa foi busca por produtos semelhantes no mercado. Pesquisadores da Embrapa nos informaram sobre a existência de um óculos no mercado que apresenta efeito semelhante ao desejado.

Uma unidade destes óculos foi importada utilizando fundos da reserva técnica concedida pela FAPESP e analisada em campo quanto à sua funcionalidade no sentido de intensificação de contraste e também com relação à percepção dos inspetores. Estes testes serviram de teste de conceito antes de fechar o desenvolvimento do conceitual.

#### 4.1.1. Resultado do teste de conceito

O espectro de transmitância dos óculos adquirido não foi fornecido pelo fabricante, mas foi medido no laboratório de Embrapa Instrumentação de São Carlos utilizando a técnica de Espectrofotometria UV/visível (SKOOG et al., 2002), sob a orientação da profa. Dra. Débora Milori. O resultado está apresentado no Gráfico 1 a seguir.

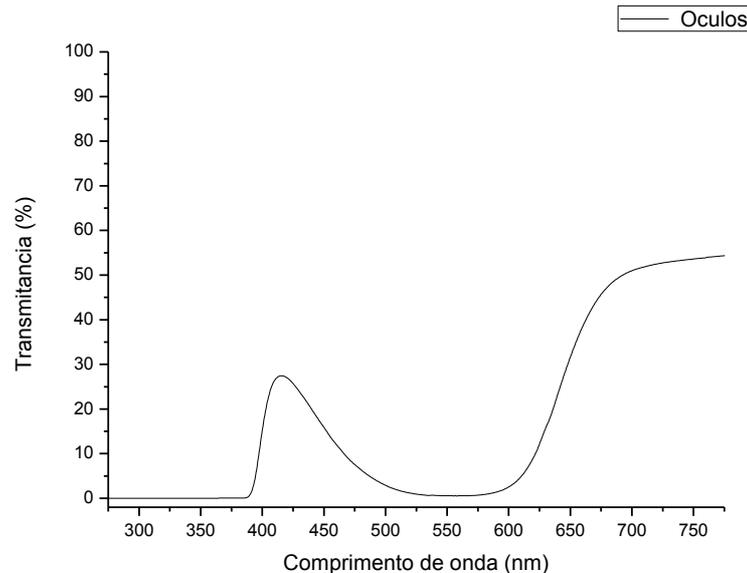


Gráfico 1 - Espectro de transmitância dos óculos de detecção de stress em plantas.

Este espectro de transmitância significa que a lente dos óculos permite uma grande transmissão de comprimentos de onda a partir de 600 nm (correspondente à cor vermelha) e também em comprimentos de onda entre 400 (violeta) e aproximadamente 500 nm (ciano, próximo ao verde), com um pico em 425nm, e uma baixa transmissão em comprimentos de onda intermediários, entre 500 e 600 nm, que compreende as cores verde, amarelo e parte da cor laranja. Isto significa que os óculos barra estas cores (verde, amarelo e uma parte da laranja) e deixa passar as demais. Este resultado demonstra um comportamento oposto à sensibilidade humana, conforme fenômeno de Purkinje abordado na seção 2.4.4. Segundo Brock (2002), utilização de um filtro de luz com este, com curva de transmissão oposta à sensibilidade humana, permite que a luz percebida pela retina e pelo cérebro identifique cores que normalmente não seriam vistas.

Assim, o dispositivo foi levado a campo na segunda quinzena de maio de 2011 para um teste inicial sobre a percepção do usuário por meio de entrevistas abertas. Não foi possível registrar em imagens fotográficas o efeito dos óculos devido a incompatibilidade geométrica entre o formato de sua lente com o canhão da câmera fotográfica utilizada, no entanto alguns inspetores relataram identificar intensificação do contraste, mas apontaram restrições para algumas situações, principalmente quando existe sombra sobre a planta observada.

*...quando o sol bate direto na folha dá pra ver melhor sim, mas essas (folhas) onde bate sombra, não, aí fica mais complicado...*

*...depende da posição do sol, né? quando tá de frente pra planta ajuda, mas quando faz sombra é melhor sem o óculos...*

Outra restrição dos óculos foi colocada com relação a sua lente embaçar devido à transpiração durante a execução da atividade.

*...o óculos é ruim porque embaça...*

*... tem que ficar tirando pra limpar...*

O conceito foi considerado aprovado no teste, no entanto algumas questões puderam ser levantadas para melhorias, principalmente com relação à transmitância da lente, que verificou-se ser muito baixa, de forma que a imagem percebida pelo inspetor é muito escura, dificultando a observação quando se tem sombra sobre as plantas inspecionadas. Estas questões serão aprofundadas na próxima seção, que trata do Projeto Detalhado.

De maneira geral, constatou-se que o conceito atende às especificações definidas anteriormente. Vale ressaltar que a fase de especificação não se encerra para que ocorra o Projeto Detalhado, ela permanece passível de alteração ou complementação durante o desenvolvimento do projeto.

Neste projeto, as especificações referentes à qualidade e manufatura foram incluídas após o desenvolvimento do conceito, seguem:

- As lentes dos óculos devem ter curva de transmitância com comportamento semelhante às lentes definidas como padrão.

- O processo de fabricação do produto deve ser confiável quanto à reprodutibilidade.

Superada a fase conceitual, passe-se de um problema não estruturado para um problema estruturado. Assim, uma abordagem baseada na teoria de sistemas é utilizada para decompor o dispositivo em subsistemas e componentes, permitindo o detalhamento ao nível de componentes, conforme será exposto na próxima seção.

## **4.2. Projeto detalhado (Detalhamento e Manufatura)**

### **4.2.1. Detalhamento**

Nesta seção serão apresentados os resultados utilizados na fase de detalhamento no nível dos componentes do produto. De maneira geral, os esforços despendidos nesta fase se concentraram no componente Lente, uma vez que esta representa a materialização do conceito de intensificação do contraste entre as cores da folha mosqueada para auxiliar a inspeção visual de HLB.

O detalhamento da Lente foi iniciado por uma revisão bibliográfica sobre Visão e Cores, conforme apresentado na seção 2.4, para determinar um filtro de luz que proporcione comportamento adequado para as especificidades da atividade de inspeção visual de HLB. Conforme abordado na seção 2.4.5., se o objetivo é intensificar o contraste entre o verde e o amarelo da “folha mosqueada” por HLB, pode-se bloquear o amarelo e ressaltar o verde, ou o contrário. Com base no fenômeno de Purkinje, a visão humana é mais sensível à cor verde. Ao suprimir a visualização da cor verde, ocorre um aumento a sensibilidade aos demais comprimentos de onda. Portanto, foi determinado por meio da teoria de cores, a cor do filtro de luz a ser utilizado para intensificar o contraste entre as cores desejadas bloqueando a cor verde e ressaltando a cor amarela. Como esta discussão já foi desenvolvida na seção 2.4.5., nos limitamos aqui a definir a cor da lente capaz de aumentar o contraste entre o verde e o amarelo, bem como entre os diferentes tons de verde, com sendo a cor magenta. Maiores esclarecimentos devem ser buscados no texto desenvolvida no referente capítulo.

Uma vez determinada a cor do filtro de luz, foi realizado contato com os fornecedores deste tipo de material e adquiridos três filtros da marca Rosco orientado pela identificação teórica da cor do filtro pelo espectro de transmitância fornecido pelo fabricante. Este filtro de luz é também conhecido como “gelatina”, utilizada para iluminação de teatros, espetáculos e shows (Figura 33).

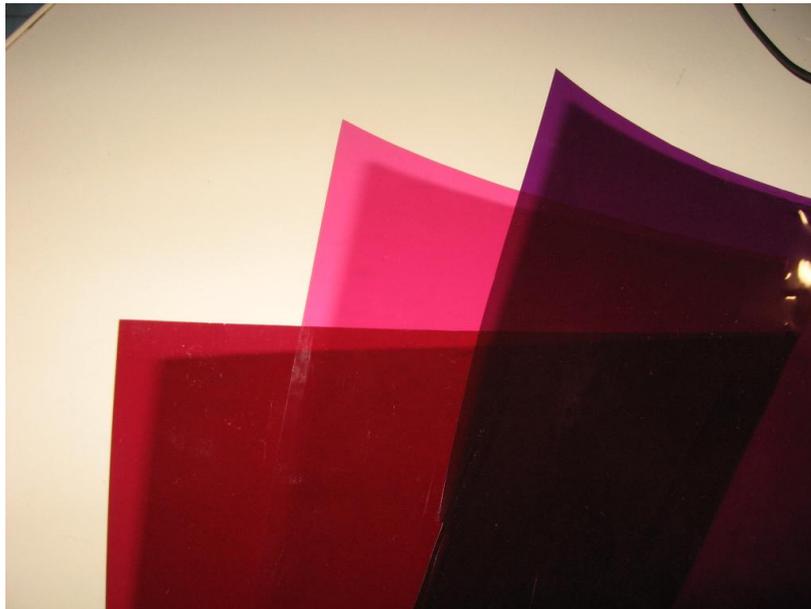


Figura 33 – Três filtros de luz avaliados. Fonte: ARANTES, 2011.

A tecnologia de fabricação é baseada na deposição do pigmento da cor desejada sobre uma base plástica (substrato) de poliéster ou policarbonato, co-extrudado em filme adequado, conforme a Figura 34 a seguir:

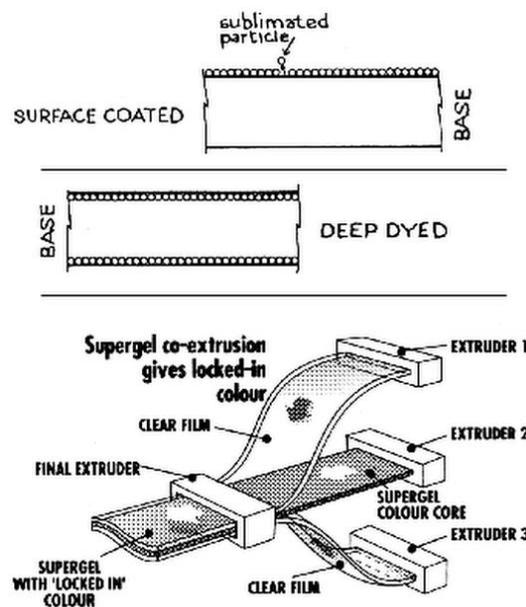


Figura 34 - Seção transversal da base de um filtro de luz. Fonte: Phillips Selecon website.

A seguir serão apresentados os resultados parciais das análises óticas dos filtros e dos registros fotográficos dos mesmos

#### 4.2.1.1. Espectro de transmitância dos filtros de luz

Os três filtros de luz adquiridos são da linha Roscolux. São folhas de 50cm x 60cm depositados sobre substrato de policarbonato (PC), co-extrudado sobre filme de policarbonato, com espessura de 76,2micron. As respectivas nomenclaturas do fabricante para os filmes adquiridos são:

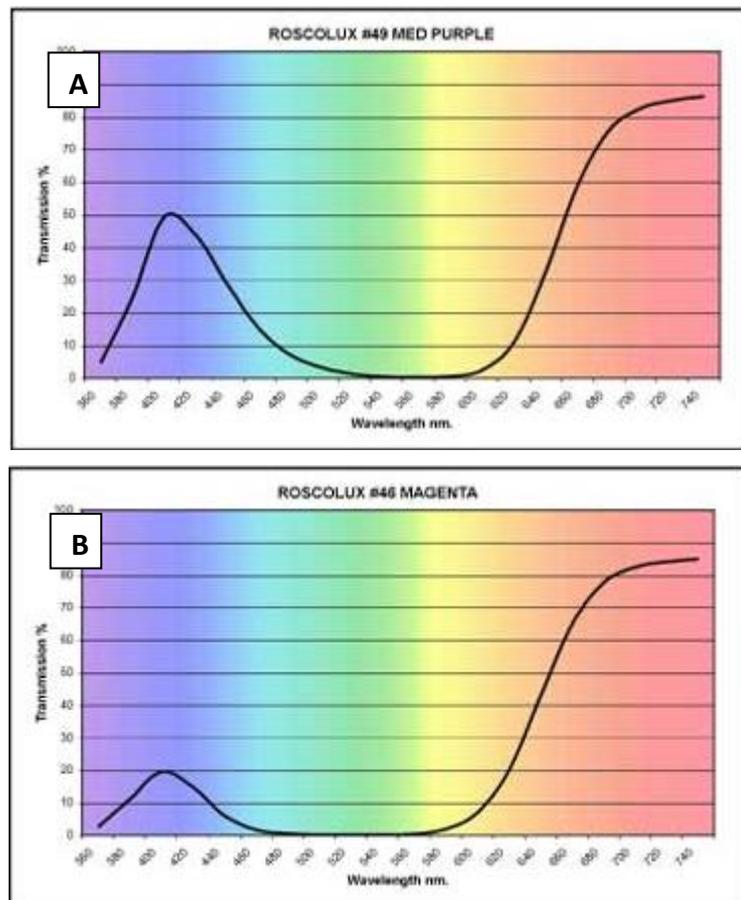
Roscolux #43: Deep Pink – Trans. 28%

Roscolux #46: Magenta – Trans. 6%

Roscolux #49: Medium purple – Trans. 4%

A referência “Trans.” representa a porcentagem total da luz que o filtro permite transmitir.

Os espectros de transmitância fornecidos pelo fabricante seguem na Figura 35, a seguir:



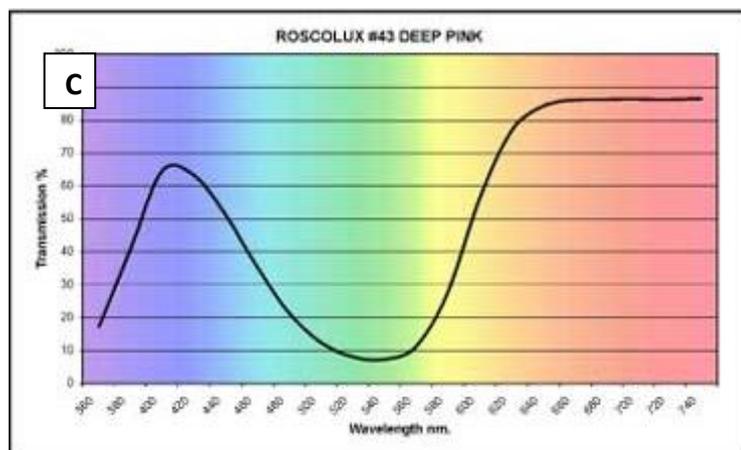


Figura 35 - Filtros de luz (a) #49; (b) #46; (c) #43. Fonte: Roscolux.

Assim como para os óculos, os espectros de transmitância dos filtros foram medidos no laboratório da Embrapa Instrumentação Agropecuária, sob orientação da profa. Dra. Débora Milori e estão apresentados no Gráfico 2, a seguir:

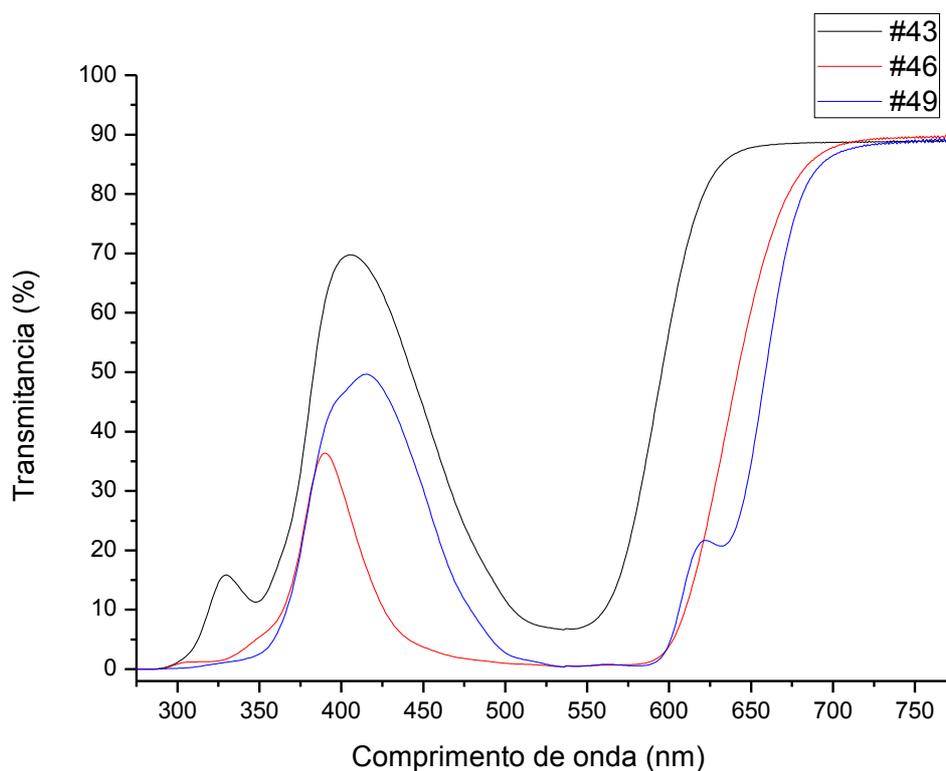


Gráfico 2 - Medida do espectro de transmitância dos filtros de luz.

A partir deste gráfico pode-se observar que o resultado obtido é coerente com o fornecido pelo fabricante, em que possui baixa transmissão de comprimentos de onda médios e maior transmissão comprimentos de ondas nos extremos do espectro visível, sendo que o filtro #43 apresenta maior transmitância total, seguido pelo filtro #46 e por último o filtro #49.

O filtro #49 possui comportamento muito próximo dos óculos de detecção de stress em plantas, no entanto observa-se que sua transmissão total é superior aos óculos (gráfico 4.1). Os filtros de luz apresentam picos no comprimento de onda em torno de 425nm, com transmissão de 50%, baixa transmissão em comprimentos de onda intermediários e aumento da transmissão a partir de 600nm a valores próximos de 90%, enquanto os óculos apresentam valores de transmissão para os mesmos picos de 30% e 60%, respectivamente. Isso se deve à espessura da amostra, enquanto o filtro de luz possui apenas 76,2 microns (0,076 mm), os óculos possui 2mm e segundo a Lei de Lambert-Beer quanto maior o caminho óptico, menor a transmissão (SKOOG et al., 2002).

#### **4.2.1.2. Análise dos filtros de luz em campo**

Em campo, pôde-se observar o efeito destes filtros de luz e algumas imagens puderam ser registradas, principalmente com o filtro de luz #49 (Figura 36), que é o filtro com comportamento mais próximo aos óculos de detecção de stress em plantas, no entanto, observou-se que os óculos apresentam imagem mais escura devido ao seu coeficiente de transmissão total menor que o respectivo filtro de luz. Conforme já mencionado, por limitações geométricas entre a lente dos óculos e a câmera utilizada, não foi possível registrar imagens dos óculos, assim para documentar seu comportamento a maioria das imagens registradas foram feitas com o filtro #49, conforme segue.



Figura 36 - Efeito do filtro #49 sob folhas de citros. Fonte: ARANTES, 2011.

Na Figura 36 observa-se que regiões mais claras das folhas apresentam destaque quando observadas através do filtro de luz #49. Na Figura 37 a seguir, utilizando o mesmo filtro #49, observa-se que partes não visíveis facilmente a olho nu, são destacadas com sua utilização.



Figura 37 - Regiões não visíveis a olho nu ficam destacadas com a utilização do filtro de luz. Fonte: ARANTES, 2011.

A seguir, Figura 38, observa-se uma folha contaminada com HLB sendo observada com o filtro de luz #49 à distância e em detalhe a mesma folha. Observa-se que o mosqueado da doença se destaca em relação às demais folhas não infectadas.



Figura 38 - Planta infectada com HLB observada através do filtro de luz #49 que se aproxima dos óculos detector de stress em plantas. Fonte: ARANTES, 2011.

Por fim, foi realizada uma análise comparativa entre os 3 filtros, #49, #46 e #43. Figura 39a, Figura 39b, Figura 39c, respectivamente.

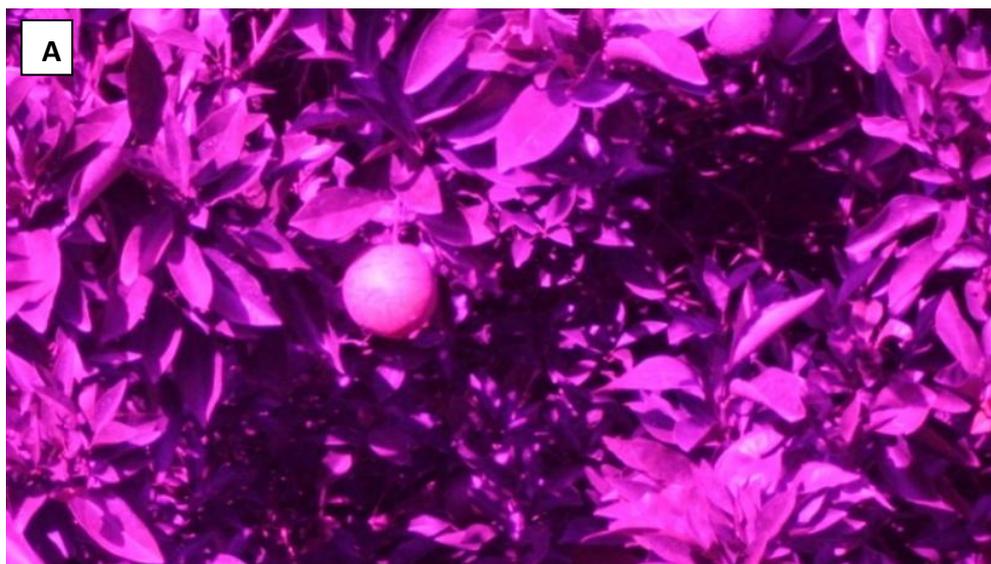


Figura 39 - (a) Filtro de luz #49; (b) Filtro de luz #46; (c) Filtro de luz #43. Fonte: ARANTES, 2011.

Importante ressaltar que as imagens apresentadas não representam fielmente a visualização do usuário através dos filtros devido a limitações na captação da imagem, no entanto a análise das imagens capturadas (Figura 39) condiz com a análise dos espectros de transmitância (Gráfico 2), no qual verifica-se maior transmitância para o filtro #43.

A análise visual direta através dos filtros por parte dos usuários permitiu constatar que o filtro de luz #43, assim como esperado, apresenta a imagem mais “clara” que as demais. Isso se deve ao seu maior coeficiente de transmissão total. Esta característica é muito importante para o propósito, uma vez que possibilita um aumento no contraste entre as cores do mosqueado e se aproxima da imagem a qual os inspetores estão acostumados, aos modelos mentais criados por estes inspetores, logo possui menor interferência nas características que estes se utilizam para identificar a doença, fator importante para conciliar a utilização do saber prático desenvolvido por estes trabalhadores com a funcionalidade do dispositivo.

Apesar da teoria das cores reportar o magenta como cor da lente para intensificar o contraste das cores da folha mosqueada, os testes de campo com filtros de luz da própria cor magenta e outras duas cores semelhantes revelaram que a cor do filtro magenta não foi especificamente o mais adequado para a atividade de inspeção visual de HLB. Esta diferenciação pode estar relacionada ao fato de, nesta pesquisa, a teoria de cores ter servido como guia inicial para se orientar a definição da cor que filtraria majoritariamente a cor verde em relação ao amarelo, e quando levado à prática, a análise ter sido realizada pelos próprios inspetores especificamente para a coloração verde da folha mosqueada, portanto a cor verde teórica pode ser diferente da cor verde característica da doença, conseqüentemente a cor ideal para cada caso também seria diferente. De qualquer maneira a coloração Pink determinada na prática é similar ao magenta definido na teoria. A diferenciação pode estar também na própria designação do fabricante dos filtros de luz a respeito de cada cor. A pesquisa aqui conduzida se restringiu à determinação inicial do filtro de luz adequado à aplicação, portanto a discussão de diferenciação entre cor teórica e a cor verificada na prática, fica como indicações a ser exploradas em pesquisas futuras.

#### 4.2.1.3. Incorporação do filtro de luz à lente

Verificada a viabilidade técnica e determinado o filtro de luz adequado para a atividade, foi realizado um trabalho de incorporação deste filtro a uma lente. A primeira tentativa foi fixar o filtro mecanicamente a um óculos de segurança, por meio de um clip comum utilizado para lentes de grau (Figura 40).



Figura 40 – Filtro #43 fixado mecanicamente a um óculos de segurança por meio de um clip. Fonte: ARANTES, 2011.

No entanto esta solução não foi adequada por ter fraca fixação para o propósito de inspeção em campo. Uma segunda tentativa foi fixar o filtro ao óculos por meio de um material adesivo transparente tipo Papel Contact, no entanto o adesivo tornou translúcida a combinação das interfaces Filtro de luz/Papel-Contact/Óculos, impedindo assim a visualização com nitidez através do dispositivo.

Para solucionar o problema, foi definido um trabalho de cooperação junto a uma indústria fabricante de lentes ópticas corretivas, situada na cidade de São Carlos/SP. O trabalho de cooperação teve o intuito de incorporar o filtro de luz escolhido a uma lente, para atender às especificações definidas na fase de Projeto Conceitual. Não se trata de incorporar fisicamente

o filtro anterior à lente, mas reproduzir a cor por meio de um processo que reproduza o mesmo efeito do filtro de luz escolhido. Este processo é chamado de Coloração. A seguir segue foto ilustrativa da máquina de coloração (Figura 41).



Figura 41 – Máquina de coloração com aquecimento à glicerina. Fonte: ARANTES, 2011.

Cada um dos reservatórios possui um pigmento em pó dissolvido em água com a aplicação de dispersante. A lente fica imersa nas soluções por um suporte até alcançar a coloração desejada. A densidade da cor é proporcional ao tempo de permanência na solução de coloração e da temperatura. A verificação da coloração desejada não possui controles objetivos, é feita por profissionais treinados para visualização da cor e comparação com gabaritos. Para o caso desta pesquisa o “gabarito” utilizado inicialmente foi o filtro de luz escolhido anteriormente.

Inicialmente foi adquirido um corante catalítico de coloração Fashion Pink, da marca Segment. Esta escolha foi baseada na cor e no espectro de transmitância do fabricante no catálogo de vendas. Também foi adquirido um corante catalítico de coloração Vermelho, da marca BPI, esta baseada apenas no espectro de transmitância do fabricante, que se aproximava bastante do desejado, por isso foi adquirido para teste.

Assim foi feita uma amostra de cada um dos corantes para verificar qual seria mais adequados para a atividade. Seguem os parâmetros de coloração das amostras:

#### Amostra 01

Substrato: Lente plana de Resina CR39

Temperatura: 94 ~ 98°C (variação inerente ao sistema)

Tempo em solução: 30 minutos Fashion Pink + 10 segundos Azul + 90 minutos Fashion Pink.

### Amostra 02

Substrato: Lente plana de Resina CR39

Temperatura: 94 ~ 98°C (variação inerente ao sistema)

Tempo em solução: 45 minutos Vermelho.

O Gráfico 3 representa os espectros de transmitância das amostras em comparação com o filtro #43 que serviu como referência.

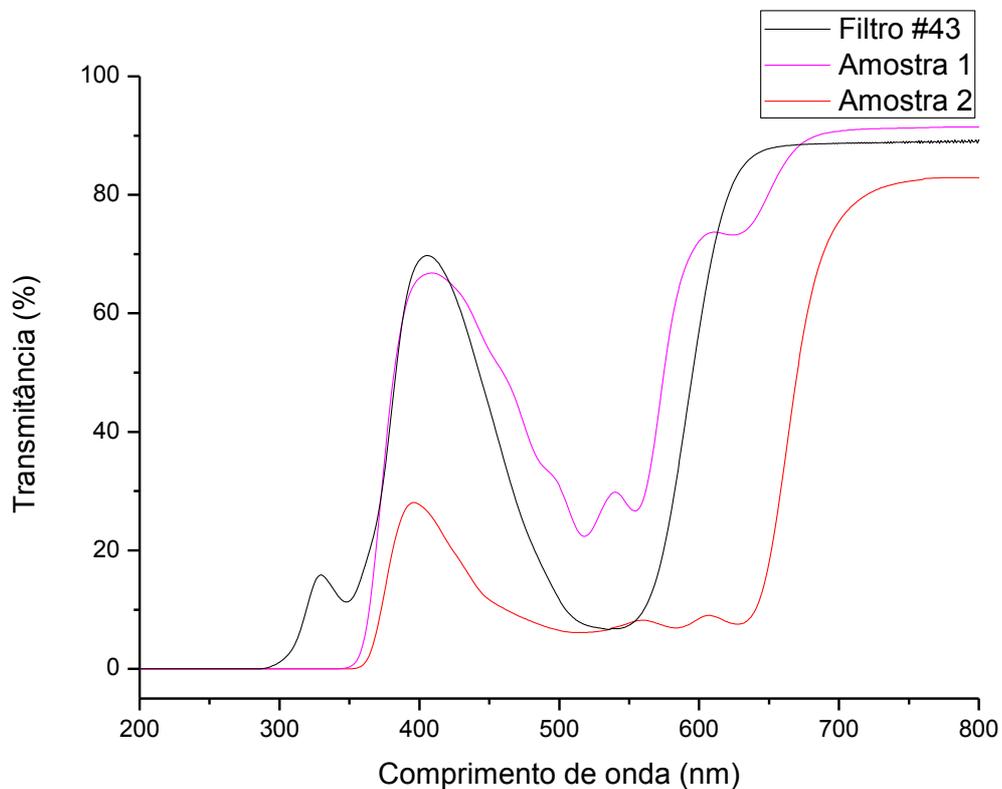


Gráfico 3 - Medida do espectro de transmitância das amostras 1 e 2 em comparação ao filtro #43.

Pelo Gráfico 3 pode-se observar que a amostra 1 apresenta comportamento bastante semelhante com o filtro #43, com as mesmas tendências e faixas de baixa transmissão entre aproximadamente 475 e 600 nm, enquanto a amostra 2 possui comportamento diferente, apresentando uma faixa de baixa transmissão entre 450 e 650 nm. Importante verificar que as

duas lentes bloqueiam comprimentos de onda ultravioleta (abaixo de 380 nm) melhor que o filtro #43.

Para análise de campo as lentes obtidas foram montadas em armações de óculos de segurança da marca Vênus, CA 27323. Os protótipos obtidos foram analisados com relação à percepção dos inspetores, tendo revelado uma maior aceitação dos óculos com as lentes da amostra 1, que chamamos de Rosa, do que com os óculos com as lentes da amostra 2, Vermelho. Isto ficou evidente pelas verbalizações sobre o óculos rosa.

*... com o rosa fica mais fácil de ver (o ramo amarelo) mesmo...*

*... melhora bastante...*

*...não cansa a vista nem nada...*

E sobre os óculos vermelho.

*... Esse aqui 'amarela' tudo...*

*... o outro é melhor...*

Trazendo à conclusão

*... esse aqui não é bom não, capaz de atrapalhar...*

Assim, com base nas verbalizações dos inspetores aliado à análise do espectro de transmitância, optou-se por dar continuidade com o detalhamento com a partir da amostra 1, referente à lente rosa. Por isso, para fazer um “ajuste fino” em torno da coloração do óculos rosa, foram fabricados mais dois óculos alterando o tempo de permanência da lente na solução colorante em 20% para mais e para menos. Os parâmetros utilizados então, foram:

### Amostra 3

Substrato: Lente plana de Resina CR39

Temperatura: 94 ~ 98°C (variação inerente ao sistema)

Tempo em solução: 30 minutos Fashion Pink + 10 segundos Azul + 66 minutos Fashion Pink.

#### Amostra 4

Substrato: Lente plana de Resina CR39

Temperatura: 94 ~ 98°C (variação inerente ao sistema)

Tempo em solução: 30 minutos Fashion Pink + 10 segundos Azul + 114 minutos Fashion Pink.

O gráfico 4 representa os espectros de transmitância das três amostras de mesma cor, mas com diferentes tonalidades em comparação com o filtro #43 que serviu como referência.

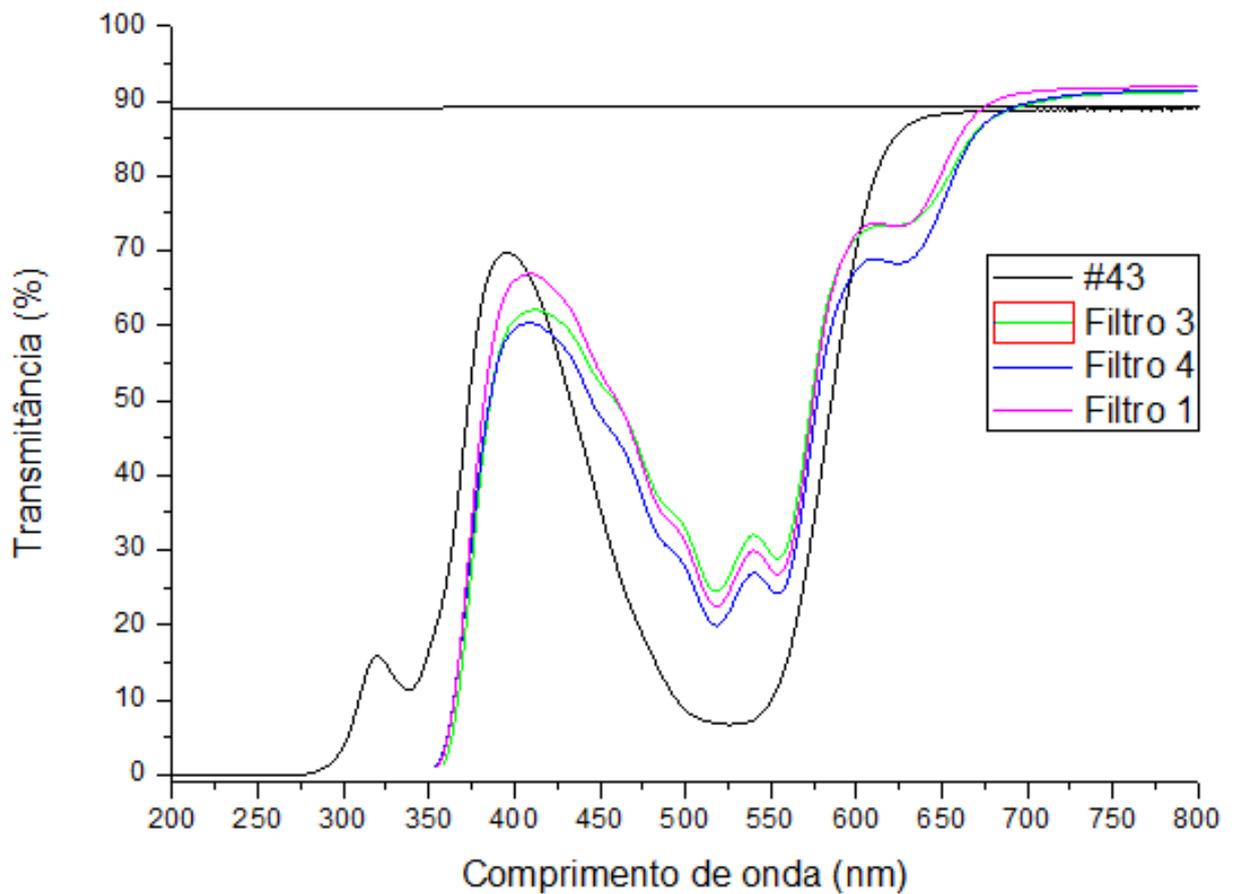


Gráfico 4 - Medida do espectro de transmitância das amostras 1, 3 e 4 em comparação ao filtro #43.

Por este gráfico pode-se observar que o comportamento das três lentes são muito semelhantes, o que é coerente por serem da mesma cor. No entanto diferenciam-se pela intensidade da transmissão, de forma que pode-se verificar uma relação inversa entre o tempo de

permanência em solução colorante e a transmissão da lente, ou seja, quanto maior o tempo de permanência, menor a transmissão da lente.

Para análise de campo, as lentes foram montadas na mesma armação que os anteriores. A verificação da percepção dos inspetores com relação as 3 amostras foi realizada em uma propriedade da região de Gavião Peixoto/SP por meio de observação de processo e observação participante, com registros áudio visuais e das verbalizações. A Figura 42, apresenta o protótipo e as Figura 43, Figura 44 e Figura 45, demonstra a utilização do protótipo durante a análise.



Figura 42 – Protótipo de óculos de segurança com a lente de ajuda perceptiva. Fonte: ARANTES, 2012.



Figura 43 – Inspetora de HLB realizando inspeção visual por plataforma utilizando o protótipo do estudo. Fonte: ARANTES, 2011.



Figura 44 - Inspetoras de HLB testando o protótipo. Fonte: ARANTES, 2012.



Figura 45 - Inspetoras de HLB testando o protótipo. Fonte: ARANTES, 2012.

A análise visual direta por parte dos usuários através das diferentes lentes permitiu constatar que para a amostra 3, a imagem se configura de maneira mais clara, sendo crescente entre a amostra 1 e 4. As verbalizações registradas pelas inspetoras permitiram verificar que a amostra 3 não representa uma melhora significativa no contraste da folha mosqueada.

*... esse aqui não muda quase nada...*

*... não dá nem pra sentir diferença...*

*... parece que 'tá' sem...*

Para a amostra 1, algumas características puderam ser verificadas quanto à intensificação do contraste.

*...bom que descansa as vistas, né?...*

*...fica melhor pra enxergar o amarelo...*

*...esse 'puxa' mais o amarelo, parece que fica mais vivo...*

Para a amostra 4, também houve uma percepção positiva quanto ao contraste, porém algumas questões quanto à transmissão puderam ser observadas.

*... dá contraste também, mas já fica mais escuro esse...*

*...parece que fica um pouco 'apagado'...*

*...esse protege mais do sol, pra ver contra o sol é melhor...*

Com base na análise da percepção dos inspetores com relação aos três protótipos, foi escolhido o protótipo com lentes da amostra 1, como sendo o mais adequado para a atividade de inspeção de HLB. As figuras Figura 46 e Figura 47 ilustram o efeito do dispositivo para a visualização de uma planta de HLB.



(a)



(b)

Figura 46 – Comparativo de um pé de laranja visto (a) sem o dispositivo desenvolvido e (b) com o dispositivo. Fonte: Arantes, 2012.



(a)



(b)

Figura 47 – Comparação de uma planta visualizada de baixo para cima (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo de ajuda perceptiva. Fonte: ARANTES, 2012.

O passo seguinte refere-se à validação do produto, verificando qual sua influência na eficiência de inspeção visual de HLB. Mas antes de validar o produto, é necessário fabricá-lo, por isso a seguir serão discutidas as dificuldades encontradas na manufatura deste produto.

#### **4.2.2. Manufatura**

Os parâmetros do processo produtivo deste produto eram até então desconhecidas, de forma que o processo de fabricação foi definido juntamente com a avaliação do produto em campo, validando assim os parâmetros utilizados para fabricá-lo. Assim sendo, os parâmetros de fabricação do protótipo escolhido foram repassados para o técnico em óptica responsável pela

coloração no processo produtivo da empresa, a qual foi desenvolvido o estudo em colaboração, para a fabricação de 6 unidades a serem utilizadas no experimento de validação.

Os parâmetros foram:

- Substrato: Lente plana de Resina CR39
- Temperatura: 94 ~ 98°C (variação inerente ao sistema)
- Tempo em solução: 30 minutos Fashion Pink + 10 segundos Azul + 90 minutos Fashion Pink.

No entanto, embora seguidos estes parâmetros, os óculos fabricados ficaram com coloração diferente do protótipo definido. Para resolver o problema, foi tentado o processo de descoloração para nova coloração posterior. Apesar de 3 das 6 lentes terem conseguido alcançar a coloração desejada por este processo, não se conseguiu mapear nenhum padrão de parâmetros de fabricação.

Assim, foi decidido realizar o processo de fabricação desde o princípio com o foco em alcançar a coloração desejada e assim tentar definir parâmetros que permitissem reprodutibilidade de fabricação. Para isso foram fabricados 3 pares de lentes, sendo que o único parâmetro alterado foi quanto ao tempo de permanência em solução colorante, conforme segue.

#### Amostra 5

Substrato: Lente plana de Resina CR39

Temperatura: 94 ~ 98°C (variação inerente ao sistema)

Tempo em solução: 46 minutos Fashion Pink

3 segundos Azul

5 minutos Fashion Pink

3 segundos Azul

Total: ~ 51 minutos

#### Amostra 6

Substrato: Lente plana de Resina CR39

Temperatura: 94 ~ 98°C (variação inerente ao sistema)

Tempo em solução: 40 minutos Fashion Pink

3 segundos Azul

5 minutos Fashion Pink

Total: ~ 45 minutos

#### Amostra 7

Substrato: Lente plana de Resina CR39

Temperatura: 94 ~ 98°C (variação inerente ao sistema)

Tempo em solução: 45 minutos Fashion Pink

3 segundos Azul

5 minutos Fashion Pink

Total: ~ 50 minutos

De maneira geral, o que pode-se verificar é existe uma falta muito grande de definição dos parâmetros de fabricação. O que se verifica é que após determinado tempo, por volta de 40 a 45 minutos na coloração Fashion Pink, a aproximação para a cor desejada é realizada de forma empírica e experimental, alternando colorações Fashion Pink com Azul, de acordo com a necessidade para alcançar a coloração desejada.

Não foram realizados estudos mais detalhados a respeito do processo produtivo, mas fica como proposta para estudos futuros.

### **4.3. Validação – Eficiência de inspeção e percepção do usuário**

Conforme abordado anteriormente todos os experimentos de validação foram realizados com relação à funcionalidade e à percepção dos usuários sobre o dispositivo e teve colaboração do Fundecitrus quanto a seu planejamento, execução e análise dos resultados, além da ajuda a selecionar e providenciar a propriedade a ser realizada. Inicialmente foi realizado um pré-teste

e posteriormente quatro experimentos de validação do conceito. A localização dos experimentos podem ser verificados na Figura 48 a seguir.

**Legenda:**

-  Pré-teste - Sítio Nascente. Boa Esperança do Sul/SP
-  Exp. 1 - Fazenda Cambuhy. Matão/SP
-  Exp. 2 - Fazenda Redenção. Anhembi/SP
-  Exp. 3 - Fazenda Emú. Reginópolis/SP
-  Exp. 4 - Fazenda Sta. Alice. Bebedouro/SP



Figura 48 - Localização do pré-teste e dos quatro experimentos de validação realizados. Fonte: Google Maps.

#### 4.3.1. Pré-teste

No pré-teste foram comparadas três situações de inspeção: com o dispositivo, chamado de óculos rosa; com óculos “placebo”, chamado de óculos branco; e sem óculos, ou seja, inspeção visual como é realizada atualmente. As equipes de inspeção foram cedidas pelo Fundecitrus e pela empresa Fischer e a inspeção foi realizada a pé. As quadras inspecionadas foram designadas como A, B e C de forma que cada área pode ser considerada como uma repetição do mesmo experimento. Assim, foram permutados óculos, inspetores e quadras da seguinte forma:

**Pré-teste de validação – 04.01.2012 a 06.01.2012**  
**Sítio da Nascente, Boa Esperança do Sul/SP.**

Sem Óculos		Área A	Área B	Área C
Óculos Branco	<b>Dia 1</b>	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3
Óculos Rosa	<b>Dia 2</b>	Equipe 2	Equipe 3	Equipe 1
	<b>Dia 3</b>	Equipe 3	Equipe 1	Equipe 2

A Figura 49 ilustra uma inspetora utilizando o dispositivo durante a realização do pré-teste de validação.



Figura 49 - Inspetora utilizando o dispositivo durante o pré-teste de validação. Fonte: ARANTES, 2012.

#### 4.3.1.1. Impacto sobre a eficiência de inspeção

Os resultados do pré-teste de validação foram comparados por Análise de Variância. A tabela 1 apresenta os resultados considerando a porcentagem de plantas detectadas em relação ao total de plantas inspecionadas, comparando-se o uso dos óculos rosa, branco e sem óculos, para as três quadras analisadas (A, B e C).

Tabela 1 - Número de plantas detectadas e % de detecção na comparação dos tratamentos óculos rosa, branco e sem óculos considerando como repetições as quadras A, B e C.

Quadra	Tratamento	Total de plantas inspecionadas	Total de plantas detectadas	% de detecção
A	Óculos Rosa	896	191	0,21
A	Óculos Branco	906	168	0,19
A	Sem óculos	906	178	0,20
B	Óculos Rosa	643	105	0,16
B	Óculos Branco	648	126	0,19
B	Sem óculos	641	118	0,18
C	Óculos Rosa	845	263	0,31
C	Óculos Branco	845	395	0,47
C	Sem óculos	845	267	0,32
F (ANOVA) para tratamentos			0,8972	0,90941
p-valor			0,4765	0,4726
Quadra A			179,00	0,20
Quadra B			116,33	0,18
Quadra C			308,33	0,37
Óculos Rosa			186,33	0,23
Óculos Branco			229,67	0,28
Sem óculos			187,67	0,23

1 Os dados foram transformados em  $\sqrt{\frac{1}{x}}$  para aplicação da análise de variância (ANOVA).

Como os p-valores são superiores a 0,05 os tratamentos não diferiram entre si com 95% ou mais de grau de confiança, ou seja, a inspeção de HLB sem óculos, com o uso dos óculos rosa ou branco, não permitiu uma detecção maior ou menor da doença.

A tabela 2 apresenta os resultados considerando a porcentagem de plantas detectadas em relação ao total de plantas inspecionadas, comparando-se a inspeção com e sem o uso dos óculos (independente se rosa ou branco), para as três quadras analisadas (A, B e C).

Tabela 2 - Número de plantas detectadas e % de detecção na comparação dos tratamentos com e sem óculos considerando como repetições as quadras A, B e C.

Quadra	Tratamento	Total de plantas inspecionadas	Total de plantas detectadas	% de detecção
A	Com óculos	1802	359	0,20
A	Sem óculos	906	178	0,20
B	Com óculos	1291	231	0,18
B	Sem óculos	641	118	0,18
C	Com óculos	1690	658	0,39
C	Sem óculos	843	267	0,32
F (ANOVA)			7,4475	1,00001
p-valor			0.1121	0,4226
Quadra A			268,50	0,20
Quadra B			174,50	0,18
Quadra C			462,50	0,35
Com óculos			416,00	0,26
Sem óculos			187,67	0,23

1 Os dados foram transformados em  $\sqrt{\frac{1}{x}}$  para aplicação da análise de variância (ANOVA).

Assim como para os resultados anteriores, os p-valores são superiores a 0,05, portanto os tratamentos não diferiram entre si com 95% ou mais de grau de confiança, ou seja, a inspeção de HLB com o uso de óculos ou sem óculos, não permitiu uma detecção maior ou menor da doença.

A tabela 3 apresenta os resultados da porcentagem de plantas com HLB detectadas em relação ao total inspecionado, comparando o uso dos óculos rosa, branco e inspeção sem óculos, diferenciando entre cada inspetora do Fundecitrus e da empresa Fischer.

Tabela 3 - Porcentagem de detecção de plantas e comparação dos tratamentos óculos rosa, branco e sem óculos (e equipes Fundecitrus VS. Fischer) considerando como repetições os sete inspetores das duas equipes.

Equipe	Inspetor	% detecção Óculos rosa	% detecção Óculos branco	% detecção Sem óculos
Fundecitrus	1	0,0926	0,1761	0,1667
Fundecitrus	2	0,2838	0,1613	0,1414
Fundecitrus	3	0,1677	0,4410	0,1964
Fischer	4	0,2445	0,1716	0,3795
Fischer	5	0,1969	0,1628	0,2173
Fischer	6	0,4414	0,2376	0,1557
Fischer	7	0,2243	0,4941	0,2414
Médias		0,2359	0,2635	0,2140
F (ANOVA)			0,16801	
p-valor			0,8467	
Fundecitrus			0,2030	
Fischer			0,2639	
F (ANOVA)			2,96001	
p-valor			0,1016	

1 Os dados foram transformados em  $\sqrt{\frac{1}{x}}$  para aplicação da análise de variância (ANOVA).

Os resultados mostram que não houve diferença significativa entre as inspetoras do Fundecitrus e da empresa Fischer, com 95% de confiança.

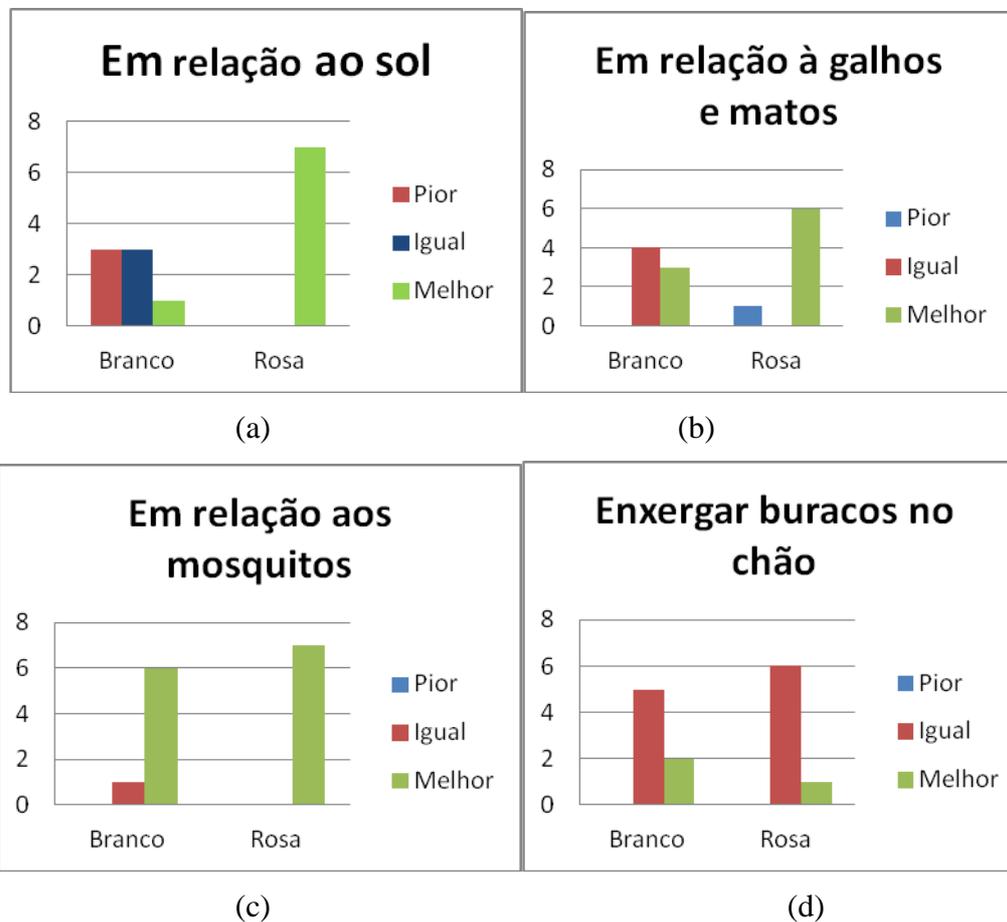
O experimento foi conduzido em pomares com alta incidência de plantas com sintomas (e severidade dos mesmos) e as plantas apresentavam também alta deficiência nutricional. Nessa condição o uso dos óculos não resultou em maior detecção de plantas. Novos experimentos

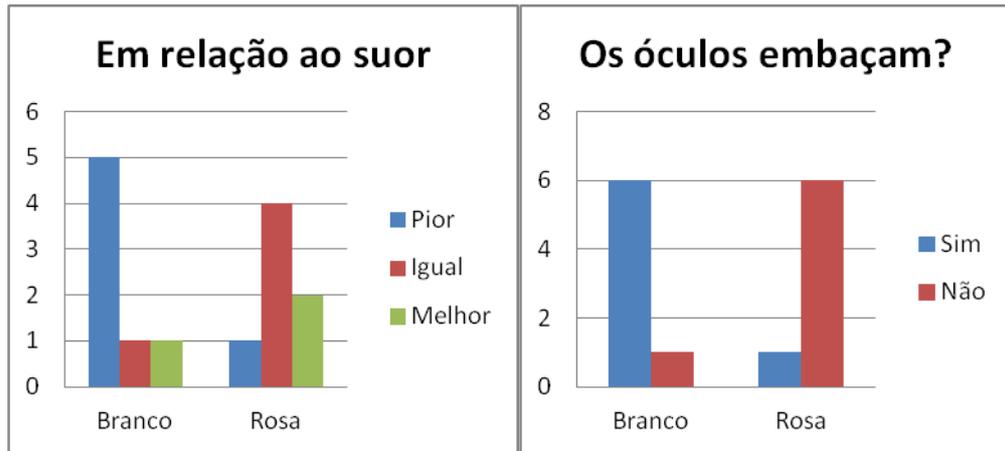
foram realizados nos meses seguintes para verificar se o mesmo ocorre em uma condição de menor severidade, os resultados serão apresentados posteriormente.

#### 4.3.1.2. Percepção dos usuários

##### a. Ambiente

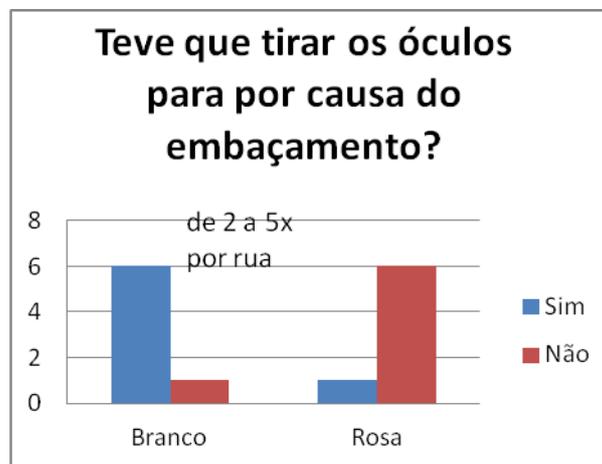
A percepção dos usuários sobre os óculos foi identificada por meio de entrevistas semi-estruturadas em relação a fatores ambientais que fazem parte da atividade de inspeção, tais como presença de galhos, mato, buracos e mosquitos, além de consequências do sol e a transpiração, que podem ocasionar embaçamento e dificuldade na visualização dos sintomas. Os resultados são apresentados nos gráficos a seguir.





(e)

(f)



(g)

Gráfico 5 - Percepção dos inspetores com relação ao ambiente (a) sol, (b) matos e galhos, (c) mosquitos, (d) buracos no chão, (e) suor, (f) embaçamento e (g) necessidade de tirar os óculos para continuar inspeção por causa do embaçamento.

A partir destes resultados verifica-se que os óculos brancos apresentam melhoria quanto à proteção dos mosquitos e uma pequena melhoria na visualização de galhos, mato e buracos no chão. Por outro lado, foram identificados problemas quanto a proteção do sol devido e embaçamento, que fazem com que o inspetor precise parar mais vezes para limpar os óculos.

Os óculos rosa apresentou resultado melhor em todos os fatores avaliados, com destaque para a questão do embaçamento. Para a visualização de buracos no chão, não foi verificado melhoria, tampouco piora.

De maneira geral os óculos rosa tiveram percepção mais positiva que o óculos branco com relação aos fatores ambientais avaliados.

### **b. Desconforto**

O desconforto foi avaliado por meio de uma pergunta com opções de desconforto aos entrevistados, quanto à dor nos olhos, dor de cabeça ou tontura, e abertura para manifestação de qualquer outro tipo de desconforto identificado.

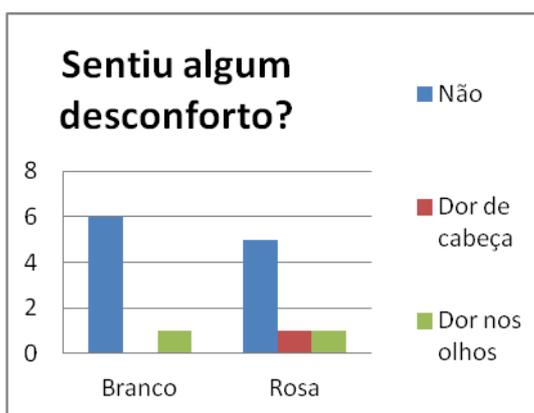


Gráfico 6 - Percepção dos inspetores quanto ao desconforto causado pelos óculos.

Um dos entrevistados apresentou dor nos olhos para ambos os óculos e dor de cabeça apenas para os óculos rosa. A manifestação desta sensação ocorreu principalmente no período inicial de uso que corresponde à adaptação aos dispositivos, esse fator será avaliado a seguir.

### **c. Adaptação**

Quanto à adaptação, os inspetores demonstraram que precisaram de um certo tempo de adaptação, no entanto este refere-se apenas aos momentos iniciais da inspeção, contemplados logo no início da manhã. Esta questão demonstra a necessidade de retirar os óculos para confirmar os sintomas. Na maioria dos inspetores esta necessidade não foi identificada, mas quando foi, ocorreu majoritariamente no início em concordância com o tempo de adaptação, conforme os Gráfico 7 a seguir.

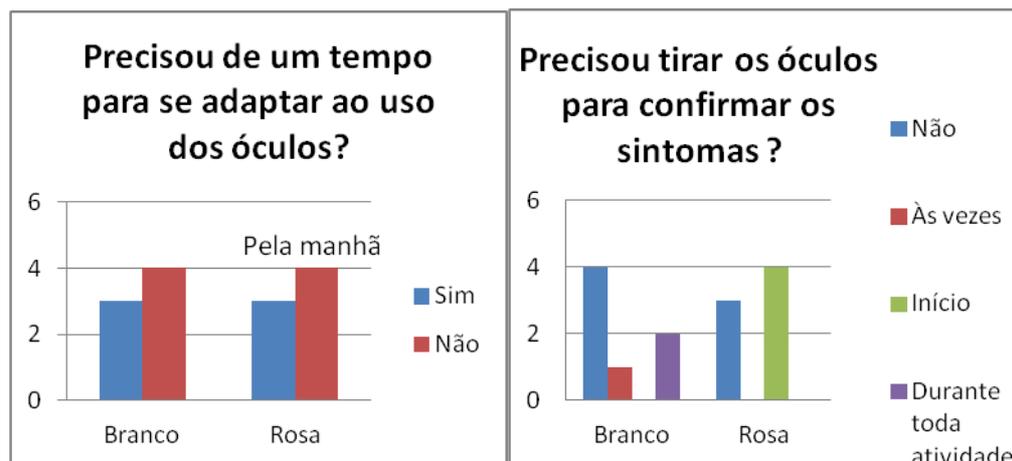


Gráfico 7 - Percepção dos inspetores quanto à adaptação aos óculos.

Com relação à visualização da folha mosqueada, os inspetores reconhecem certa melhoria para o óculos rosa enquanto que para os óculos branco “placebo”, esta não se verifica (Gráfico 8).

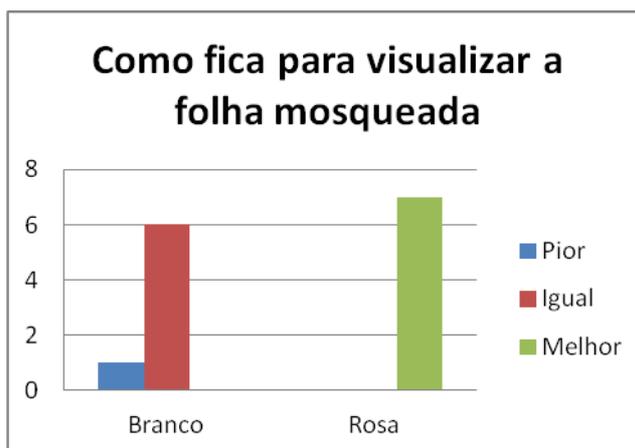


Gráfico 8 - Percepção dos inspetores quanto à visualização da folha mosqueada.

Foram captadas algumas verbalizações que demonstram o efeito do dispositivo de intensificar o contraste entre as cores características do HLB.

*...dá pra ver mais os detalhes...*

*...puxa bem pro verde escuro...*

*...quando coloca o óculos a nervura fica viva, mas as vezes não é greening...*

O dispositivo apresentou um resultado bastante interessante quanto à diferenciação das outras doenças, segundo a percepção dos inspetores (Gráfico 9).

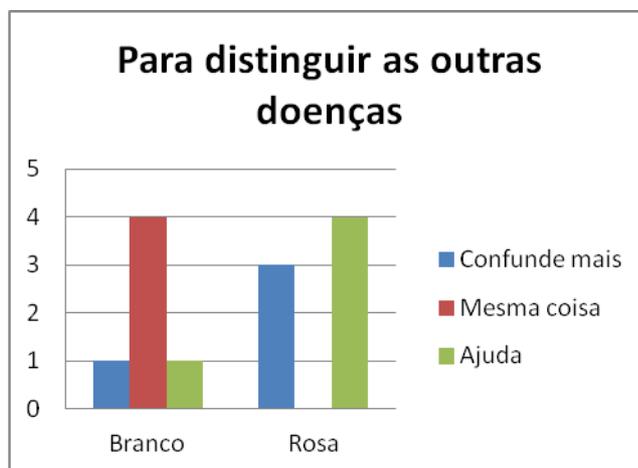


Gráfico 9 - Percepção dos inspetores quanto à distinção das outras doenças

Apesar do dispositivo aparentemente ajudar a distinguir o HLB das outras doenças, os inspetores relatam algumas dificuldades.

*...precisa analisar mais, tirar para confirmar...*

*...as vezes fica muito amarelo...*

De forma geral, pode-se perceber uma percepção positiva do dispositivo no que se refere à adaptabilidade ao dispositivo.

#### **d. Eficácia**

A dimensão da eficácia está relacionada à percepção do usuário quanto sua funcionalidade. Quanto a isso foram separadas em duas questões, uma sobre a facilidade de se encontrar HLB e outra com relação à quantidade de HLB encontrado (Gráfico 10).

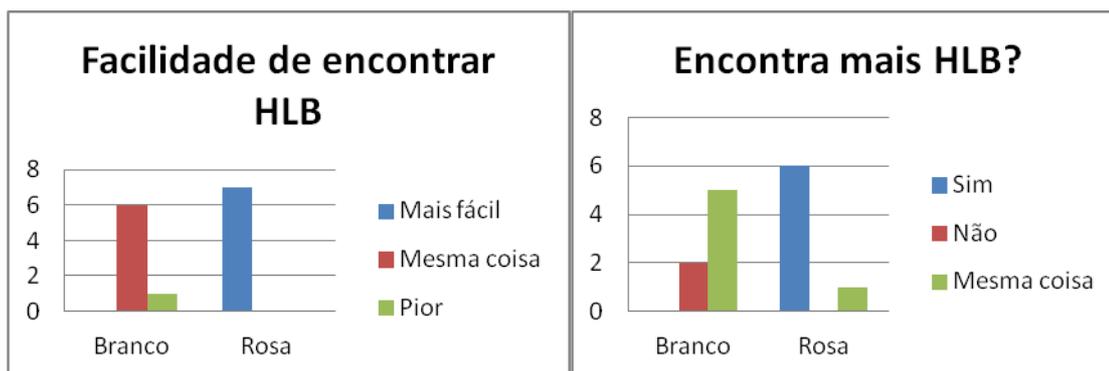


Gráfico 10 – (a) Facilidade de encontrar HLB, (b) Influência dos óculos na identificação de mais HLB.

Verifica-se que com os óculos branco a percepção é de que não existe uma maior facilidade de encontrar HLB, mas também não dificulta. Este resultado reflete na percepção de que a quantidade de HLB encontrado permanece a mesma que a inspeção sem os óculos, conforme é realizado atualmente. Relacionando isso com os resultados anteriores pode-se verificar a aceitação pela questão da segurança, proteção de mosquitos, galhos e outros, mas não quanto à maior identificação de HLB. Já o dispositivo desenvolvido apresenta tanto maior facilidade para identificação, quanto maior percepção de quantidade de HLB identificado, resultante da melhoria para identificar a folha mosqueada e distinguir de outras doenças.

De forma geral, verifica-se um resultado positivo com relação ao dispositivo, mas também observa-se que mesmo o óculos branco, que serviria como “placebo”, apresenta resultado positivo quanto à percepção do usuário. Quando questionados se usariam os óculos em seu trabalho diário, o resultado foi o seguinte (Gráfico 11).

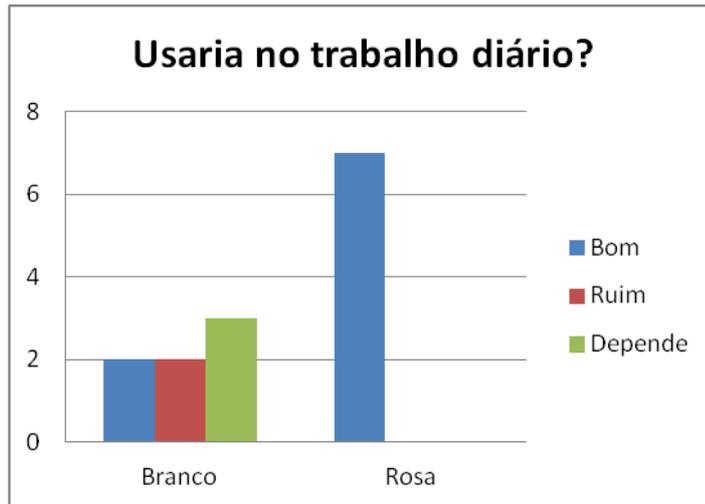


Gráfico 11 – Possibilidade de uso dos óculos no trabalho diário

Para o óculos branco, as verbalizações dos inspetores quando questionados sobre a possibilidade de uso diário dos óculos avaliados no trabalho foram diversas.

*...o branco, para achar greening nem tanto... é mais por segurança mesmo...*

*...até usaria o branco, ajuda a proteger dos galhos...*

*... embaça muito...*

*...é a mesma coisa que antes...*

*...não muda nada...*

Já os resultados de percepção dos óculos rosa (dispositivo) apresentaram boa aceitação.

*...ah, esse eu usaria... descansa a vista...*

*...ajuda por causa do sol e “puxa” o mosqueado também...*

Embora seja observado um resultado positivo quanto à percepção do usuário, a análise estatística quanto à influência do dispositivo demonstrou que seu uso não determina significativamente melhora ou piora na eficiência de identificação de HLB. Acredita-se que a alta incidência de HLB, severidade dos sintomas, aliadas a uma alta deficiência nutricional e grande presença de outras doenças na propriedade possam ter influenciado significativamente

nos resultados obtidos no pré-teste. Nesta condição o dispositivo não significou maior detecção de plantas. Com base no pré-teste, foram realizados quatro experimentos de validação em propriedades com controle mais efetivo de HLB e por um período maior, reduzindo a variabilidade por equipes de instituições diferentes, portanto treinamentos, vivências e experiências diferentes.

Com base no pré-teste de avaliação, foram realizados quatro experimentos de validação do dispositivo. Em todos os experimentos a escolha das áreas levou em consideração propriedades com controle rígido da doença e equipes de inspeção de uma mesma instituição. O tempo de avaliação foi ampliado em relação ao pré-teste, de 3 dias foi para em média 3 semanas nos experimentos. Essas ações tiveram o objetivo de reduzir a variabilidade das condições do experimento. A seguir será apresentada a descrição e resultados de cada um dos experimentos quanto à eficiência de inspeção.

#### 4.3.2. Primeiro experimento de validação

**Fazenda Cambuhy, Matão/SP.**

**Período de realização 15.08.2012 a 04.09.2012**

No primeiro experimento de validação foram considerados os mesmos três tratamentos: com óculos rosa; com óculos “placebo”, chamado de óculos branco; e inspeção sem óculos, como é realizado atualmente. As quadras inspecionadas foram designadas como A, B e C e as equipes de inspeção foram cedidas pela própria Fazenda Cambuhy. Assim, foram permutados óculos, inspetores e quadras em três períodos diferentes, sendo que cada período representa 3 dias de adaptação e 2 dias de avaliação. A permutação ficou da seguinte forma:

Sem Óculos		Área A	Área B	Área C
Óculos Branco	Período 1	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3
Óculos Rosa	Período 2	Equipe 3	Equipe 1	Equipe 2
	Período 3	Equipe 2	Equipe 3	Equipe 1

As inspeções foram realizadas em áreas com plantas adultas, em torno de 8 anos de idade. Nas pesquisas de Belasque Jr. et al. (dados não publicados), foi visto que em inspeções de plantas adultas, com altura a partir de 2,5 metros de altura, os inspetores em geral identificam

mais plantas sintomáticas utilizando plataformas que inspetores a pé. Este melhor desempenho em plataforma está relacionado ao fato de que, em inspeções a pé, os inspetores não conseguem uma boa visualização das copas das árvores, onde há grande concentração de sintomas. Devido a isso, a fazenda utiliza plataformas duplas (vide Figura 3) para inspeções nesta área e da mesma forma foi realizado este experimento. Cada equipe, portanto foi composta por quatro inspetores.

A forma de marcação das plantas encontradas neste experimento são diferentes do pré-teste. Neste caso as plantas encontradas foram marcadas com fitas, conforme procedimento explicitado por Gonçalves (2011) na caracterização da atividade de inspeção.

Amarrando a fita: Se a suspeita encontrada apresentar sintomas condizentes com os sintomas do HLB, os inspetores amarram uma fita, geralmente amarela, para que a planta possa ser erradicada posteriormente.

Amarrando a fita em chão: Quando o alcance em cima da plataforma fica prejudicado pela distância do galho, o inspetor opta por descer da plataforma e amarrar a fita. Também é necessário que um dos inspetores desça da plataforma para amarrar a fita do outro lado da rua conforme se solicita nos procedimento operacional. (GONÇALVES, 2011, p. 93)

Não houve retiradas destas fitas entre uma permutação e outra, ou seja, em cada período de avaliação o número de plantas considerado foi o número de plantas a mais que cada equipe identificou e que o tratamento anterior não havia identificado. Portanto, o primeiro período fica estabelecido como um estado inicial em relação ao qual a segunda rodada (Período 2) é comparada e, por sua vez, a segunda rodada (período 2) fica como estado a partir do qual a terceira rodada (período 3) é avaliada. Também foi realizada a comparação com o valor absoluto de plantas encontradas ao final das duas últimas rodadas, ou seja, comparação do total após os períodos 2 e 3, em relação ao primeiro período de inspeção. Para diferenciar as plantas identificadas por cada equipe foi utilizada uma fita de cor diferente para cada período de avaliação.

A Figura 50 apresenta a equipe de inspeção e de suporte ao experimento utilizando os óculos rosa.



Figura 50 – Equipe de inspeção da Fazenda Cambuhy e equipe de suporte utilizando os óculos rosa.  
Fonte: ARANTES, 2012.

As Figura 51 e Figura 52 apresentam o efeito do dispositivo para ramos amarelos na propriedade em que este experimento foi realizado.



(a)



(b)

Figura 51 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2012.



(a)



(b)

Figura 52 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2012.

A seguir os resultados são avaliados quanto ao impacto do uso do dispositivo na eficiência de inspeção.

#### **Impacto da utilização do dispositivo na eficiência das inspeções**

Os resultados foram analisados por Análise de Variância em que se compara os percentuais de plantas detectadas por cada tratamento em relação à soma de plantas identificadas pelos três tratamentos na mesma área. Conforme mencionado no tópico anterior, o primeiro período é definido como estado inicial do número de plantas, portanto o Gráfico 12 a seguir representa o percentual de plantas identificadas a mais no segundo período, que não foram identificadas no primeiro período.

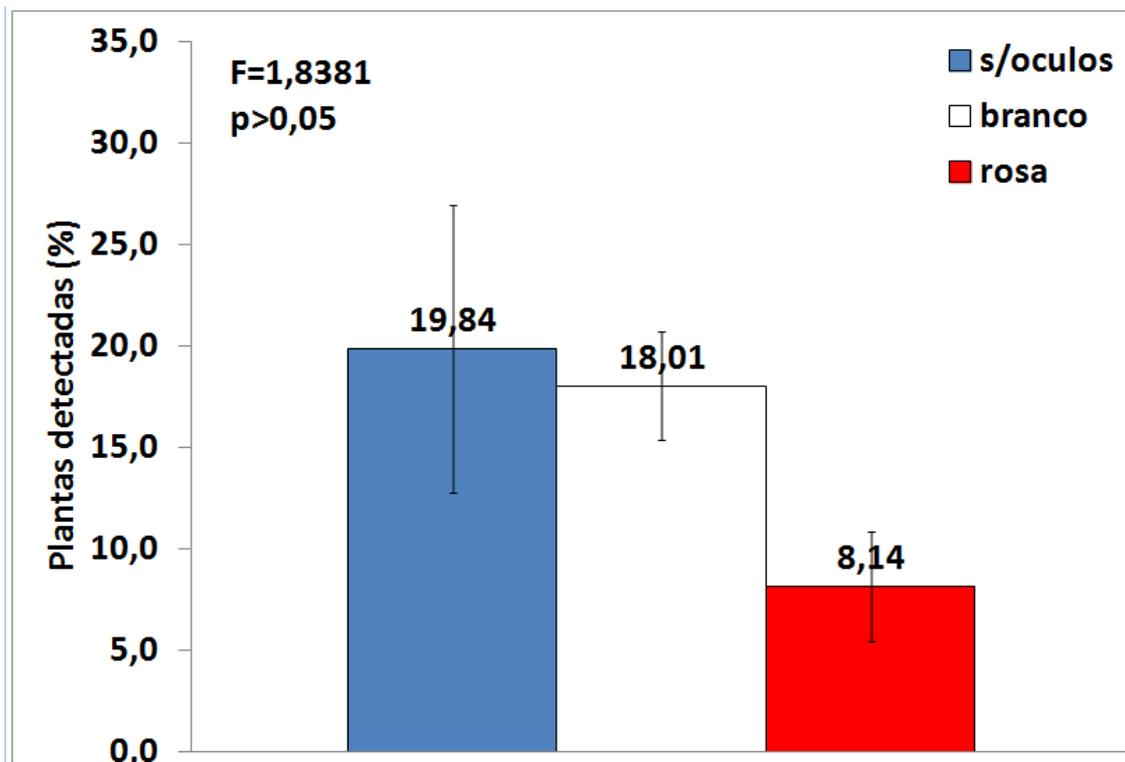


Gráfico 12 – Segunda rodada de inspeções (Período 2): Percentual de identificação de cada tratamento com desvio padrão, em relação ao total de plantas identificadas pelos três tratamentos.

Os resultados demonstram que a inspeção sem óculos identificou na segunda rodada um percentual ligeiramente maior de plantas que os óculos branco,  $19,84 \pm 7,09\%$  e  $18,91 \pm 2,68\%$ , respectivamente. Os óculos rosa identificaram um percentual de apenas  $8,14 \pm 2,68\%$ . De qualquer maneira, assim como no pré-teste, os p-valores foram superiores a 0,05, portanto os tratamentos não diferem entre si com 95% ou mais de grau de confiança, ou seja, a identificação de HLB é independente da inspeção com óculos branco, óculos rosa ou mesmo sem óculos.

Se comparar a utilização de óculos, independente de qual seja, com a inspeção sem a utilização de óculos (Gráfico 13), verifica-se que o p-valor também é superiores a 0,05, o que demonstra que a utilização de óculos também não representou maior ou menor identificação de plantas, com grau de confiança de 95% ou mais.

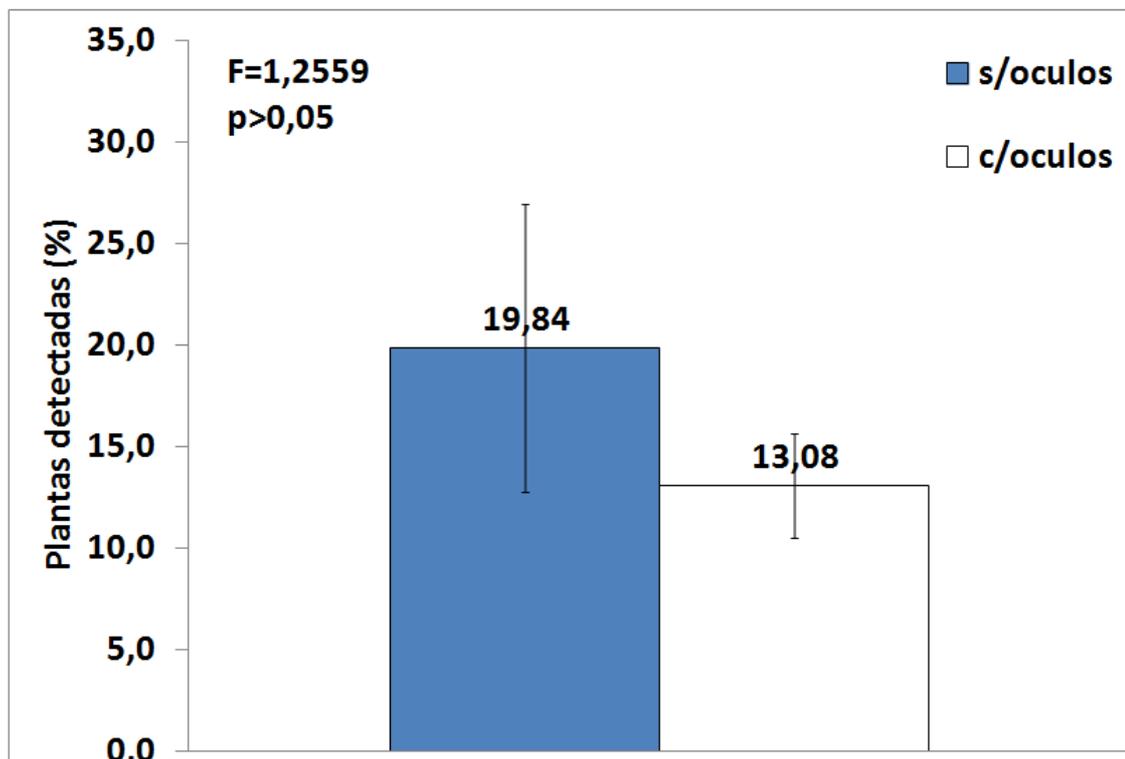


Gráfico 13 – Segunda rodada de inspeções (Período 2): Percentual de identificação de plantas com e sem óculos em relação ao total de plantas identificadas.

Na terceira rodada (Período 3) objetivo é verificar se a utilização do dispositivo facilita a identificação de HLB em seu estágio inicial ou em plantas com sintomas mais difíceis de serem identificados, uma vez que estas plantas não foram identificadas na primeira, nem na segunda rodadas. Os resultados estão no Gráfico 14 a seguir.

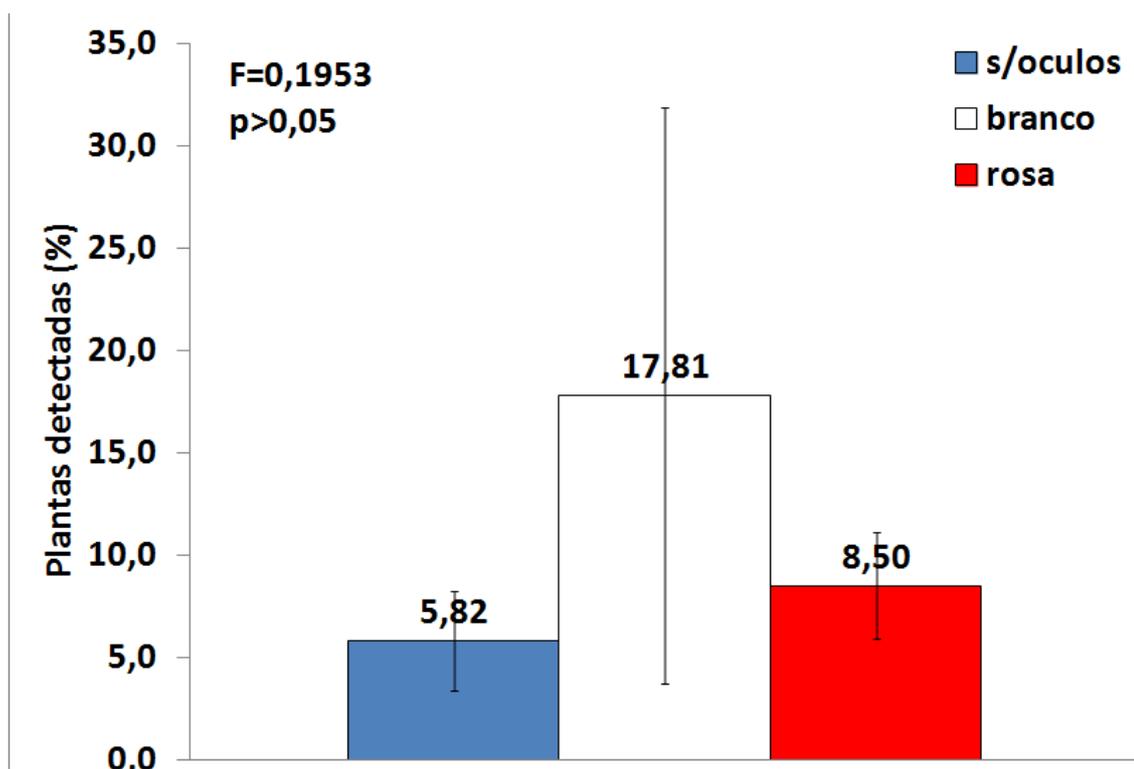


Gráfico 14 – Terceira rodada de inspeções (Período 3): Percentual de identificação de cada tratamento com desvio padrão, em relação ao total de plantas identificadas pelos três tratamentos.

Apesar dos resultados demonstrarem um valor percentual de identificação superior com os óculos branco, 17,81%, em relação à inspeção com óculos rosa e sem óculos, 8,50% e 5,82% respectivamente, o desvio padrão para seus valores foi bastante alto, 14,08%. Considerando o desvio padrão, qualquer um dos três tratamentos avaliados poderia ser superior na identificação da doença, conforme pode ser observado no gráfico. Os resultados demonstram, portanto, que não se pode afirmar de maneira conclusiva se algum dos tratamentos realmente influencia para um maior número de plantas identificadas. Para a terceira rodada o p-valor também foi superior a 0,05, portanto os tratamentos não diferiram entre si com 95% ou mais de grau de confiança.

O mesmo ocorre se compararmos inspeção com óculos, independente de qual seja, com inspeção sem óculos (Gráfico 15).

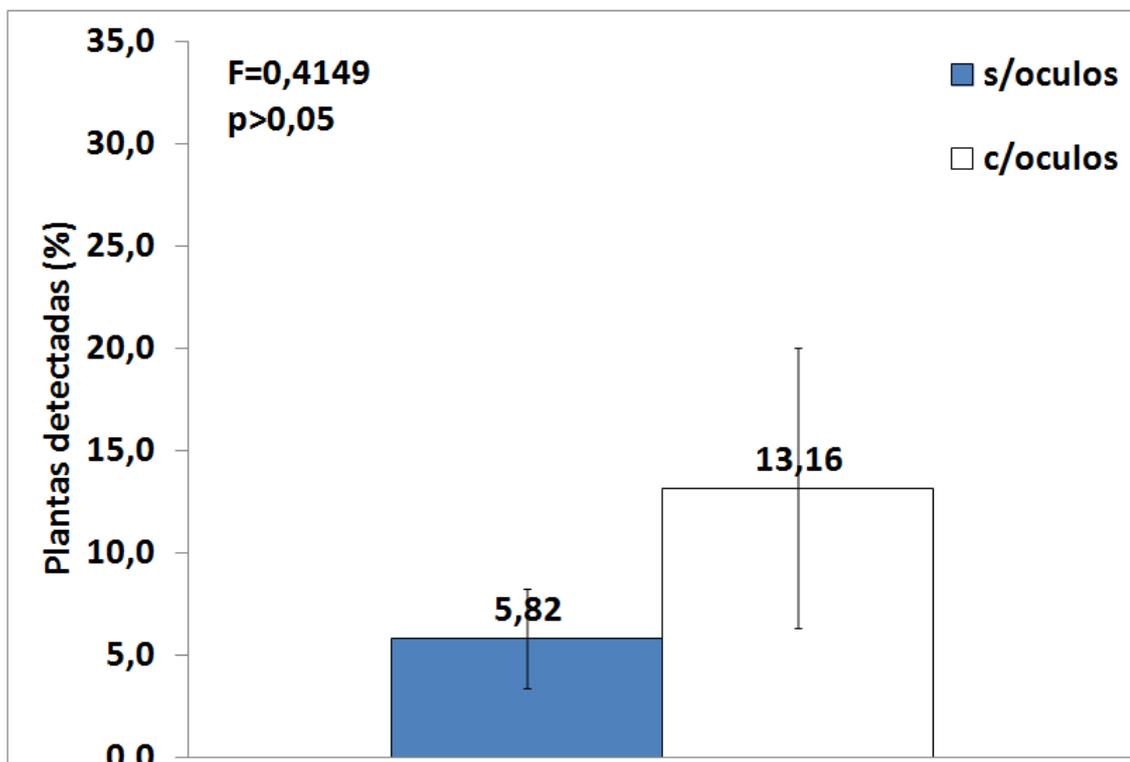


Gráfico 15 – Terceira rodada de inspeções (Período 3): Percentual de identificação de plantas com e sem óculos em relação ao total de plantas identificadas nos três tratamentos.

O uso de óculos apresenta um percentual maior de identificação, ao contrário do ocorrido na segunda rodada de inspeções. No entanto, combinado com o resultado do gráfico 4.25, não se pode afirmar que a utilização de qualquer um dos óculos facilite a identificação de plantas com estágio inicial de HLB. Para esta análise, o p-valor também é superior a 0,05, portanto as comparações não diferem entre si com 95% ou mais de grau de confiança.

Até aqui cada um dos tratamentos foi considerado isoladamente em relação à rodada anterior. A seguir será realizada a comparação do valor total de plantas identificadas somando-se os períodos 2 e 3, com relação ao período 1 (Gráfico 16).

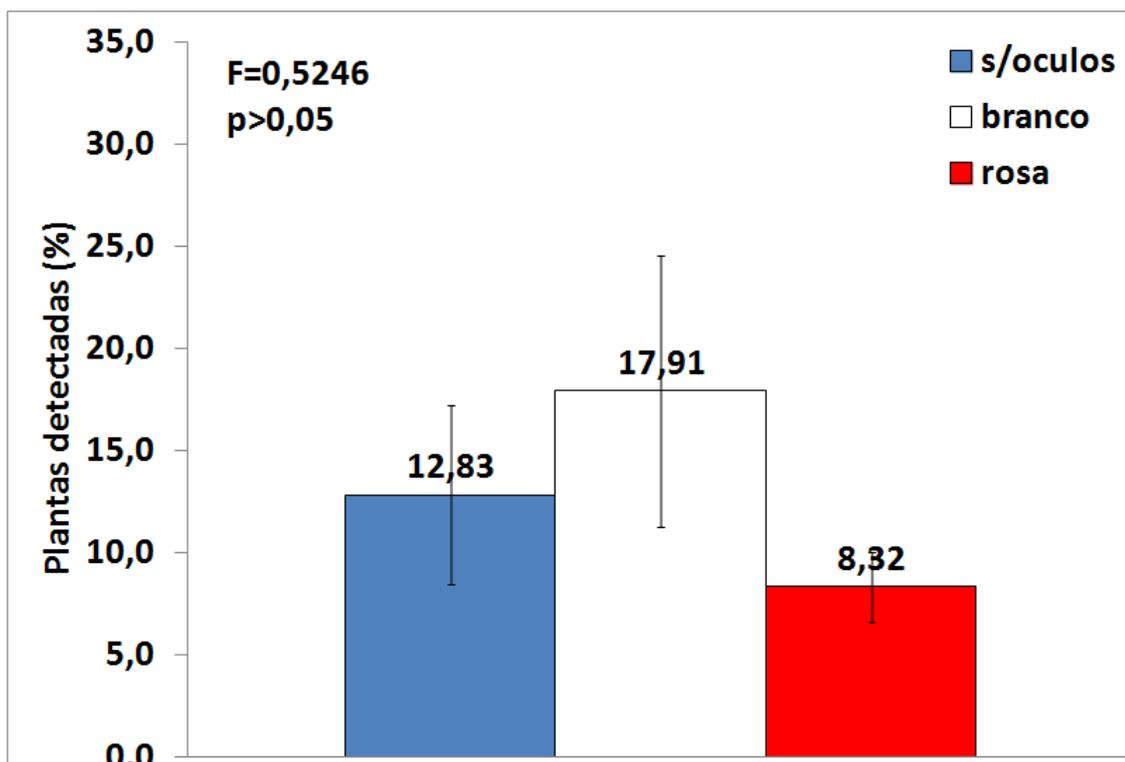


Gráfico 16 – Identificação somando as plantas encontradas no período 2 e 3, para cada tratamento. Percentual em relação ao total de plantas identificadas pelos três tratamentos.

Os óculos branco identificaram um percentual total de  $17,91 \pm 6,63\%$ , enquanto a inspeção sem óculos identificou  $12,83 \pm 4,37\%$  e a inspeção com os óculos rosa,  $8,32 \pm 1,73\%$ . Apesar do indicativo que ao final das inspeções os óculos branco tenha identificado mais plantas que os demais tratamentos, novamente a análise demonstra que os tratamentos não diferem entre si com 95% ou mais de grau de confiança.

O mesmo é verificado na análise entre a identificação de HLB com a utilização ou não de óculos, independente de qual tipo de óculos (Gráfico 17).

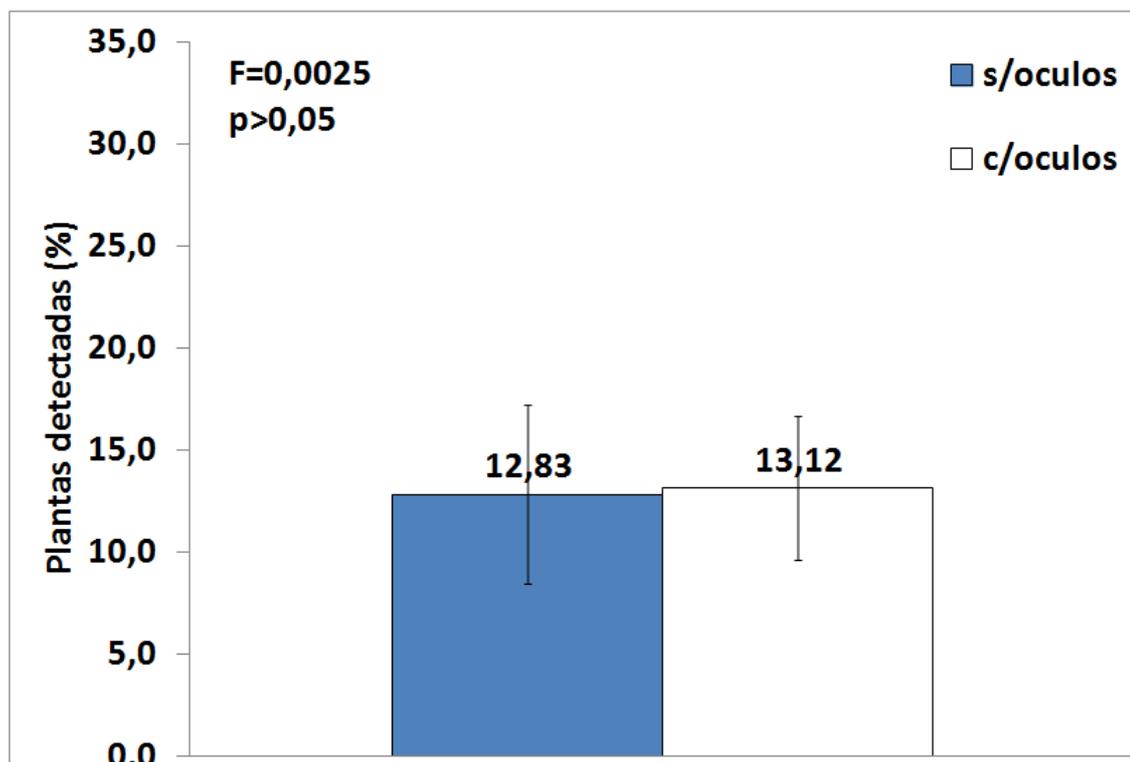


Gráfico 17 – Identificação somando as plantas encontradas no período 2 e 3: Percentual de identificação de plantas com e sem óculos em relação ao total de plantas identificadas nos três tratamentos.

Os resultados da somatória das duas últimas rodadas em comparação com a primeira demonstra um equilíbrio entre o percentual de identificação de plantas doentes com e sem óculos.

De maneira geral o que se verifica neste experimento com relação ao impacto do dispositivo na eficácia de inspeção é que em certos momentos a inspeção sem óculos pode identificar maior número de plantas e em outras, inspeções com óculos branco pode ser superior. No entanto, considerando o desvio padrão das medidas, mesmo os óculos rosa podem auxiliar os inspetores a identificarem um número maior de plantas em relação aos demais tratamentos. Para todas as análises as comparações não diferiram entre si com 95% ou mais de grau de confiança, logo, não se pode afirmar que a utilização ou não de óculos, independente de qual seja, represente uma maior ou menor quantidade de identificação de HLB. A seguir os resultados do segundo experimento.

### 4.3.3. Segundo experimento de validação

**Fazenda Redenção, Anhembi/SP.**

**Período de realização: 19.11.2012 a 05.12.2012**

Similar ao primeiro experimento, este segundo levou em consideração os três tratamentos: com óculos rosa, com óculos branco “placebo” e sem óculos, conforme inspeção atual, e três equipes de inspeção. No entanto, no segundo experimento os tratamentos não foram permutados entre as equipes, portanto cada equipe utilizou apenas um tratamento para inspecionar inspecionou o talhão definido.

O talhão escolhido possui plantas da variedade Valência com tamanho em torno de 2,5 m de altura. Conforme já mencionado, em casos como este as inspeções utilizando plataformas em geral identificam mais plantas que inspeções a pé. No entanto, Gonçalves (2011) identifica uma questão importante sobre a dificuldade de ver sintomas dependendo do posicionamento na plataforma. A autora identifica inconvenientes no piso inferior das plataformas duplas que perturbam constantemente a inspeção, como, por exemplo, ruas estreitas que obrigam os inspetores permanecerem grande parte do tempo desviando dos galhos e campo visual pequeno que restringe a possibilidade de observação da planta por inteiro e antecipação da inspeção. Os inspetores do piso inferior encerram por fazer um papel secundário na inspeção em plataforma, pois, na maioria das vezes, os inspetores que identificam sintomas na planta inteira, do barrado ao ponteiro, são os que estão posicionados no piso superior.

*...os dois de baixo vão praticamente só pra amarrar a fita...*

(verbalização de inspetor em GONÇALVES, 2011, p. 108)

Por este motivo, a fazenda utiliza inspetores apenas no piso superior das plataformas, portanto cada equipe foi composta de dois inspetores.

O período do experimento representou 2 dias de adaptação com os óculos e posterior 2 dias de avaliação. A marcação das plantas foi realizada com fitas, conforme o primeiro experimento, no entanto, existe uma diferença fundamental deste experimento em relação ao anterior: a retirada da marcação das plantas entre os diferentes períodos.

O objetivo da retirada das fitas foi reproduzir as mesmas condições iniciais para cada tratamento, de forma que cada tratamento tivesse a mesma amostragem de plantas para

inspecionar. Assim, neste experimento é comparado o valor absoluto do número de plantas encontradas na área. A retirada das fitas foi realizada por um técnico do Fundecitrus e a posição de cada planta marcada com um GPS de precisão para que todas as plantas encontradas durante o experimento pudessem ser encontradas posteriormente para erradicação.

As Figura 53 e Figura 54 apresentam o efeito do dispositivo para ramos amarelos na propriedade em que este experimento foi realizado.



(a)



(b)

Figura 53 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2012.



(a)



(b)

Figura 54 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2012.

A seguir será realizada a análise do impacto da utilização do dispositivo na eficiência das inspeções.

### **Impacto da utilização do dispositivo na eficiência das inspeções**

Neste experimento não há permutação entre os tratamentos e as equipes de inspeção, diferentemente do experimento anterior. Outra diferença, conforme já mencionado, é a retirada de fitas entre os diferentes períodos de forma a reproduzir as condições iniciais para cada tratamento.

O talhão escolhido para o experimento foi dividido em 3 blocos, conforme Figura 55 abaixo, de forma que cada bloco possui aproximadamente o mesmo número de plantas. Cada equipe inspecionou todos os três blocos com o mesmo tratamento.



Figura 55 – Talhão definido para experimento dividido em três blocos 1, 2 e 3. Fonte: Fundecitrus.

O motivo da divisão em três blocos foi para que cada bloco pudesse ser considerado como uma **repetição** do mesmo experimento. O objetivo disso é permitir o tratamento estatístico dos dados considerando as médias de identificação de cada tratamento em casa bloco.

Para a análise foram considerados os percentuais de plantas identificadas por cada tratamento em relação ao total de plantas de cada bloco. Os resultados são apresentados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Comparação do total de plantas identificadas em cada área pelos tratamentos óculos rosa, branco e sem óculos e porcentagem de detecção em relação ao total de plantas de cada de cada área.

Sem Óculos					
Óculos Branco					
Óculos Rosa					
Bloco	PLANTAS	1° PERÍODO	2° PERÍODO	3° PERÍODO	
1	3839 %	25 0,65	15 0,39	18 0,47	
2	4996 %	42 0,84	11 0,22	19 0,38	
3	2525 %	55 2,18	24 0,95	21 0,83	

Se alisarmos cada área como uma repetição, verificamos que para o bloco 1 que a inspeção sem óculos obteve a melhor performance identificando 0,65% do total de plantas da área, contra 0,46% do óculos rosa e 0,39% do óculos branco. No bloco 2, o óculos rosa um resultado bastante superior aos demais, com 0,84% das plantas da área identificada, contra 0,38% dos óculos branco e 0,22% da inspeção sem óculos. Para o bloco 3, a inspeção com óculos branco teve um resultado bastante superior aos demais, com 2,18% do total de plantas da área identificadas, enquanto os óculos rosa obtiveram 0,95% e a inspeção sem óculos, 0,83% Este resultado indica que não há tendência em relação à quantidade de identificação de cada tratamento, ou seja, em cada repetição cada um dos tratamentos pode identificar uma quantidade maior de plantas com HLB.

Para verificar tal indício foram realizadas duas Análises de Variância (ANOVA) comparando os resultados dos três tratamentos durante os três períodos de inspeção.

A primeira análise leva em consideração os percentuais de plantas identificadas por cada tratamento em relação ao total de plantas de cada área, conforme Gráfico 18 a seguir.

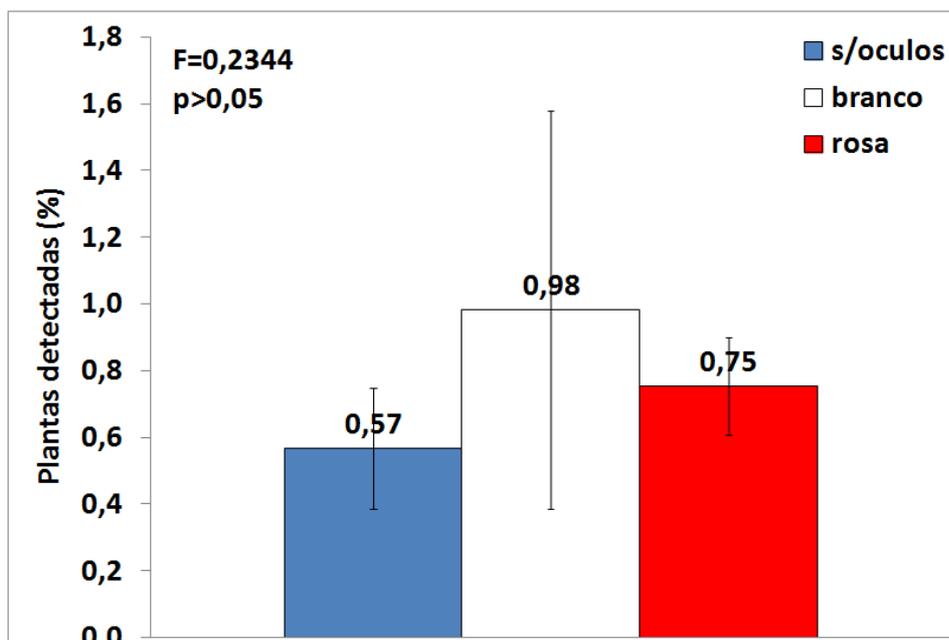


Gráfico 18 – Experimento 2: Média e desvio padrão dos percentuais de plantas identificadas por cada tratamento em cada área, com em relação ao total de plantas de cada área.

O resultado demonstra que considerando o percentual de identificação de todos os tratamentos em todas as áreas durante os três períodos, os óculos branco apresenta uma taxa de identificação maior em relação aos demais tratamentos. No entanto, se considerar os desvios padrões associados a este resultado, percebe-se que qualquer um dos tratamentos podem ter melhor em relação aos demais tratamentos.

Baseado nos mesmos dados foi feita a comparação da utilização de óculos com a inspeção sem óculos (Gráfico 19).

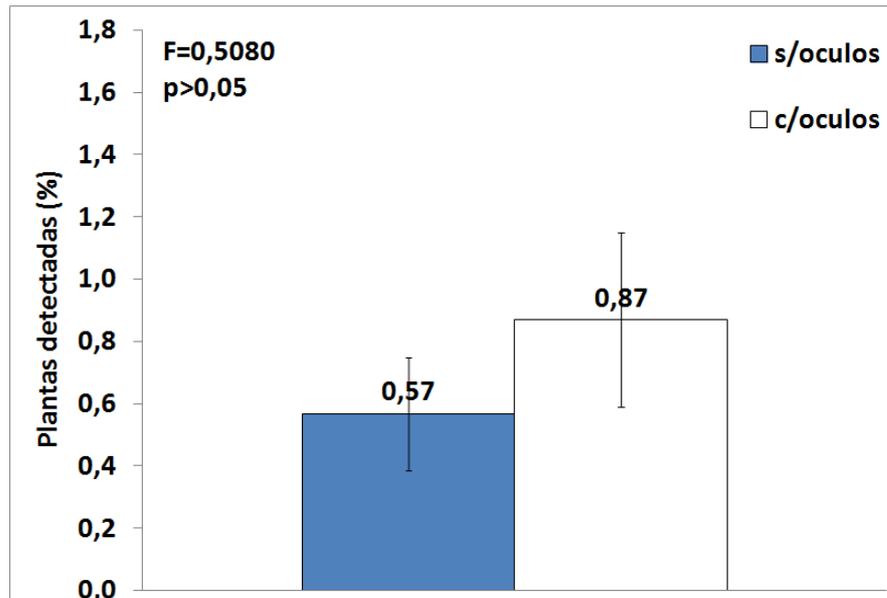


Gráfico 19 – Experimento 2: Média e desvio padrão dos percentuais de plantas identificadas em relação ao total de plantas de cada área, comparando a utilização e não utilização de óculos.

No gráfico acima, apesar do resultado apresentar valor superior para a utilização de óculos, se considerar o desvio padrão verifica-se que não se pode afirmar que a utilização o não de óculos represente maior ou menos eficiência na identificação de HLB.

Para todas as comparações anteriores, o resultado a Análise de variância demonstra que os tratamentos não diferem entre si com grau de confiança de 95% ou mais, assim como no pré-teste e no primeiro experimento.

A segunda Análise de Variância leva em consideração o valor absoluto de plantas identificadas por cada tratamento em cada área ao longo dos três períodos de inspeção (Gráfico 20).

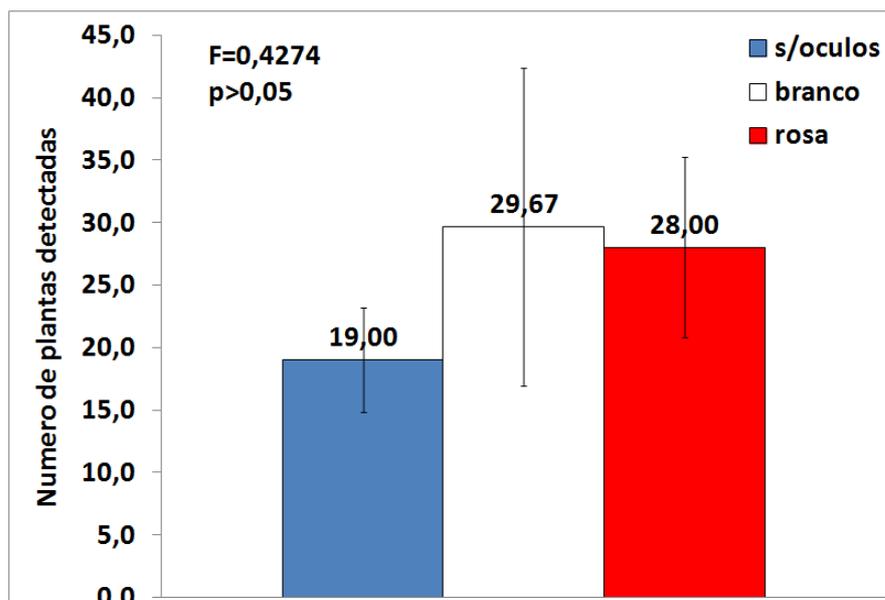


Gráfico 20 – Experimento 2: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento em cada área.

Considerando as três áreas inspecionadas, o resultado demonstra que existe um maior equilíbrio entre o número de plantas identificadas pelos óculos branco e rosa, comparando-se com o Gráfico 19. No entanto, assim como este, os desvios padrões demonstram que qualquer um dos tratamentos poderia ter maior eficiência de inspeção em relação aos demais. O mesmo acontece comparando-se a utilização ou não de óculos (Gráfico 21).

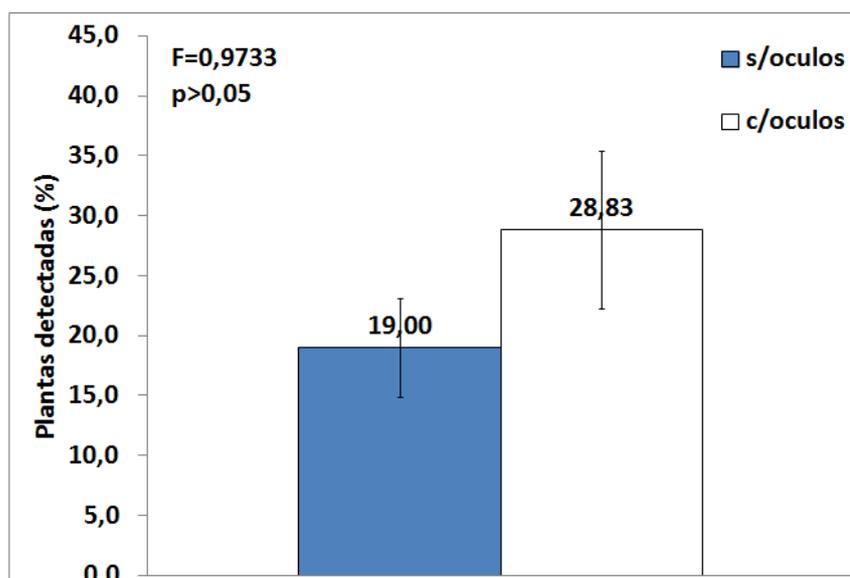


Gráfico 21 – Experimento 2: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando utilização e não utilização de óculos.

Assim como anteriormente, o resultado a Análise de variância demonstra que os tratamentos não diferem entre si com grau de confiança de 95% ou mais, ou seja, neste segundo experimento, assim como no primeiro, não se pode afirmar que a utilização ou não de óculos, seja ele qual for, represente maior ou menor identificação de HLB.

#### 4.3.4. Terceiro experimento de validação

**Fazenda Emu, Reginópolis/SP.**

**Período de realização: 07.02.2013 a 05.03.2013**

Assim como os anteriores, o terceiro experimento comparou inspeções com os tratamentos óculos rosa, óculos branco “placebo” e inspeção sem óculos, conforme inspeção atual. Para a avaliação, as três equipes de inspeção permutaram a utilização dos três tratamentos em três áreas distintas (áreas A, B e C), conforme tabela 5 abaixo.

Tabela 5 - Terceiro experimento: Permutação entre equipes e tratamentos nas áreas definidas de avaliação.

Sem Óculos			
Óculos Branco			
Óculos Rosa			
<b>Área</b>	<b>1º PERÍODO</b>	<b>2º PERÍODO</b>	<b>3º PERÍODO</b>
<b>A</b>	Equipe 1	Equipe 2	Equipe 3
<b>B</b>	Equipe 2	Equipe 3	Equipe 1
<b>C</b>	Equipe 3	Equipe 1	Equipe 2

As três áreas são da variedade Valência com porta-enxerto Swingle. Assim como no segundo experimento, devido ao tamanho das plantas as inspeções ocorrem utilizando plataformas duplas de inspeção, no entanto a fazenda realiza inspeções com inspetores na parte superior e na parte inferior da plataforma, portanto cada equipe é composta por 4 inspetores.

O período do experimento representa 2 dias de adaptação com os óculos e posteriormente 1,5 dia de avaliação. A marcação das plantas foi realizada com fitas e foi realizada a retirada dessas fitas entre um período e outro de inspeção com o objetivo de se reproduzir na área de avaliação, as mesmas condições iniciais para todas as equipes.

A Figura 56 mostra uma inspetora realizando sua atividade com os óculos rosa.



Figura 56 – Inspetora de HLB realizando inspeção visual por plataforma utilizando o óculos rosa.  
Fonte: ARANTES, 2013.

A Figura 57 apresenta o efeito do dispositivo para ramos amarelos na propriedade em que este experimento foi realizado.



(a)



(b)

Figura 57 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2013.

Em cada área foi analisado o número absoluto de plantas identificadas por cada tratamento.

Similar ao segundo experimento, cada área foi dividida em três blocos com aproximadamente o mesmo número de plantas. Novamente o objetivo foi considerar cada bloco como uma **repetição** do mesmo experimento, de forma que a análise estatística de cada área é referente à **média** dos resultados dos 3 blocos.

A seguir os resultados são apresentados para cada uma das áreas.

#### Área A

O Gráfico 22 abaixo apresenta os resultados quanto ao número de plantas identificadas por cada tratamento nesta área, bem como o resultado da Análise de Variância (ANOVA) associado a tais dados.

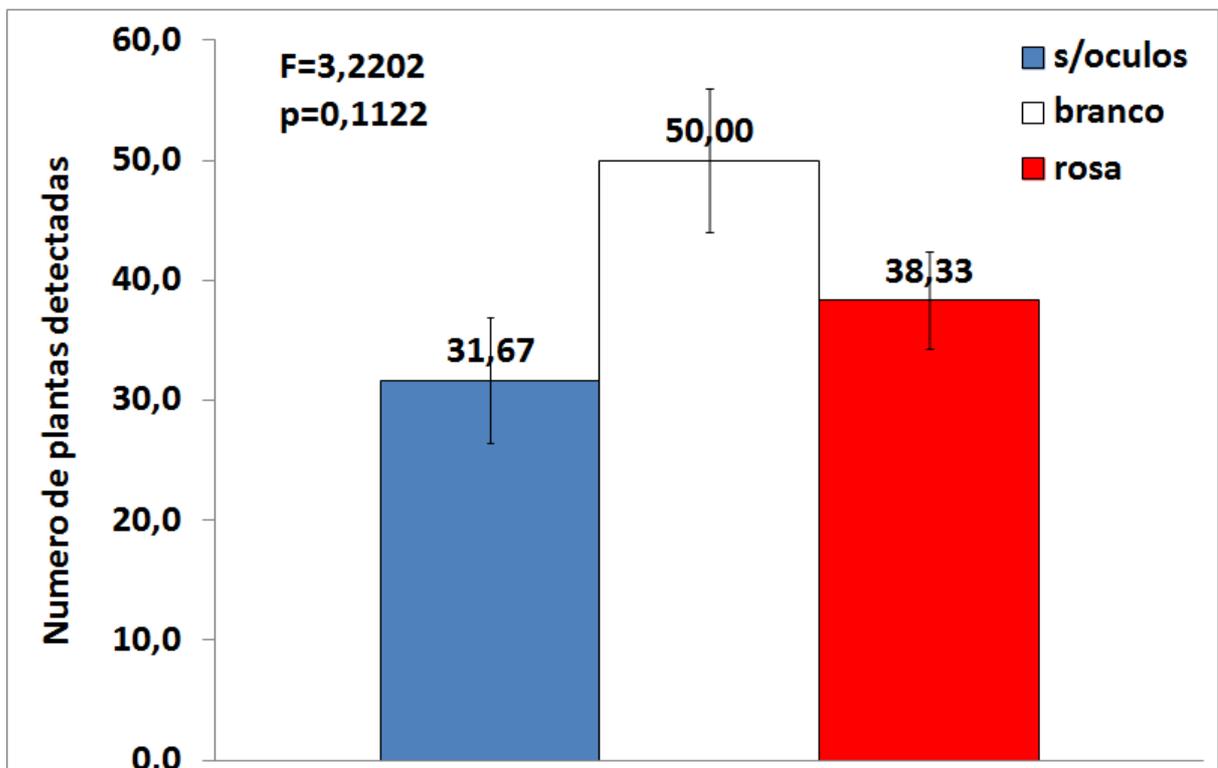


Gráfico 22 – Experimento 3: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento na área A.

O resultado demonstra que os óculos branco identificaram maior quantidade de plantas, seguido pelos óculos rosa e pela inspeção sem óculos. No entanto, a Análise de Variância apresenta valores  $p > 0,05$ , o que significa que os tratamentos não diferiram significativamente entre si com 95% de confiança, ou seja, não se pode afirmar que a identificação de mais ou menos plantas seja devido a utilização de qualquer um dos tratamentos analisados.

O Gráfico 23 a seguir analisa o resultado da comparação entre a utilização de óculos, qualquer que seja, e inspeção sem a utilização de óculos conforme é realizado atualmente.

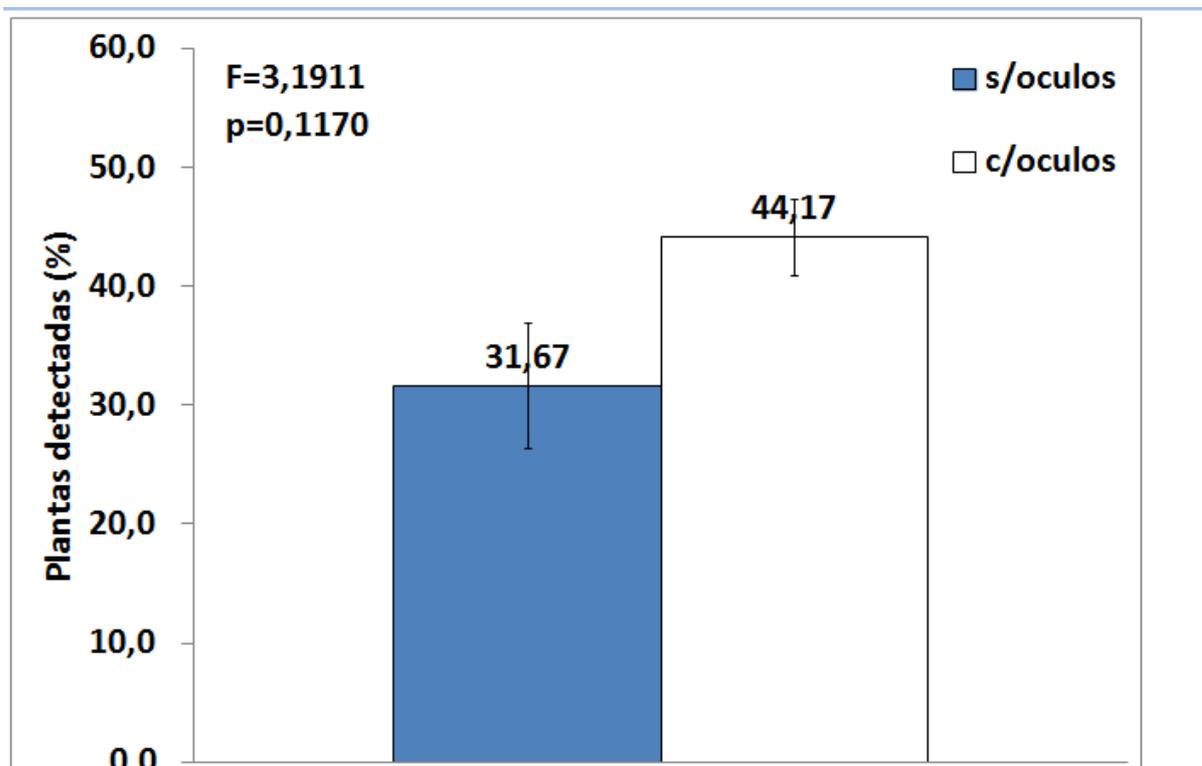


Gráfico 23 – Experimento 3: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando a utilização e não utilização de óculos na área A.

Assim como o resultado anterior, apesar do número de plantas identificadas ser maior utilizando óculos (branco ou rosa), a Análise de Variância demonstra que este resultado não está associado à utilização ou não do dispositivo na área analisada, com 95% de confiança. A mesma análise será realizada a seguir para a área B.

## Área B

O Gráfico 24 representa o número de plantas identificadas para cada tratamento.

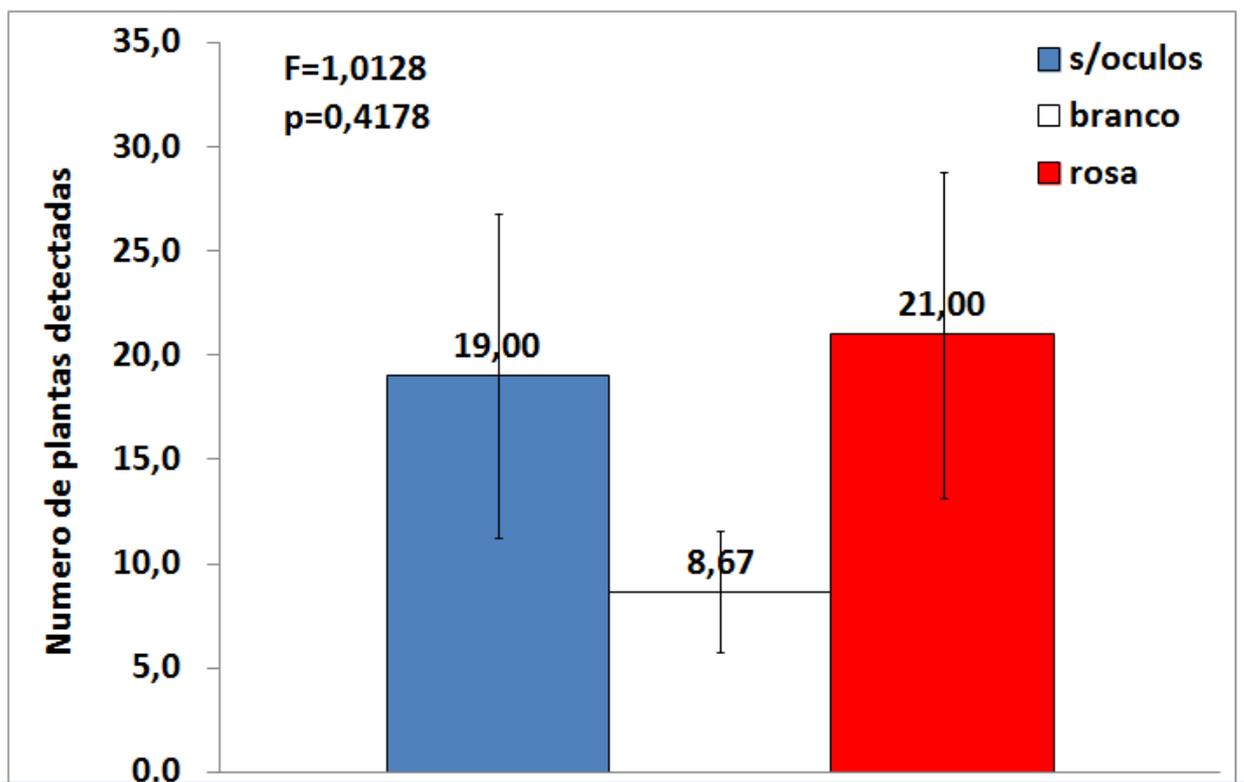


Gráfico 24 – Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento na área B.

Observa-se que nesta área os óculos rosa tiveram identificação ligeiramente superior à inspeção sem óculos, enquanto a inspeção com óculos branco teve resultado bastante inferior. A Análise de Variância demonstra novamente que os tratamentos não diferiram entre si com 95% de confiança.

Analisando os resultados quanto à utilização ou não de óculos (Gráfico 25), observa-se, assim como anteriormente, que apesar da inspeção sem óculos ter identificado um número maior de plantas, este resultado não representa que a utilização ou não do dispositivo promova maior ou menor identificação de HLB, com 95% de confiança.

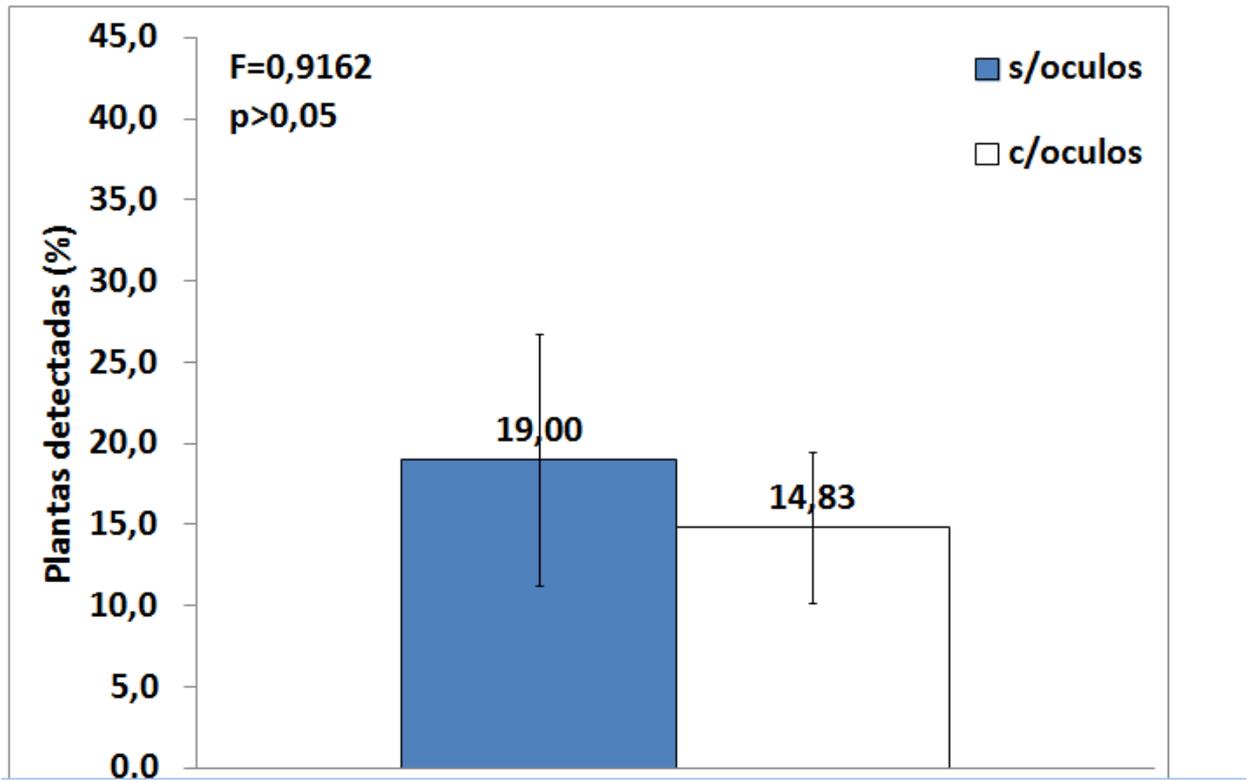


Gráfico 25 – Experimento 3: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando a utilização e não utilização de óculos na área B.

## Área C

A mesma análise foi realizada para a última área deste experimento. O Gráfico 26 apresenta os resultados com relação ao número de plantas identificadas por cada tratamento.

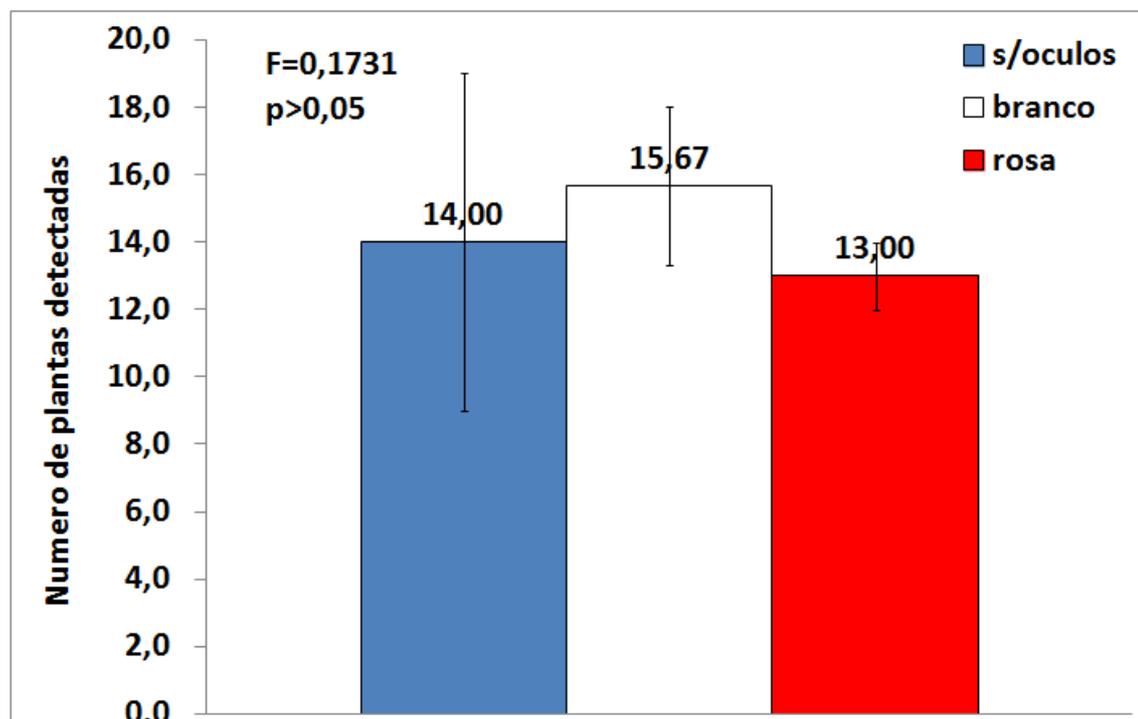


Gráfico 26 – Experimento 3: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento na área C.

Nesta área houve um maior equilíbrio entre os diferentes tratamentos, sendo a inspeção com óculos branco ligeiramente superior, seguida pela inspeção sem óculos e com os óculos rosa. A análise de variância também demonstrou que os tratamentos não diferiram entre si quanto à quantidade plantas identificadas.

O equilíbrio dos resultados é ainda maior quando se compara a utilização de óculos, tanto o branco quanto o rosa, com a inspeção sem óculos, conforme Gráfico 27 a seguir.

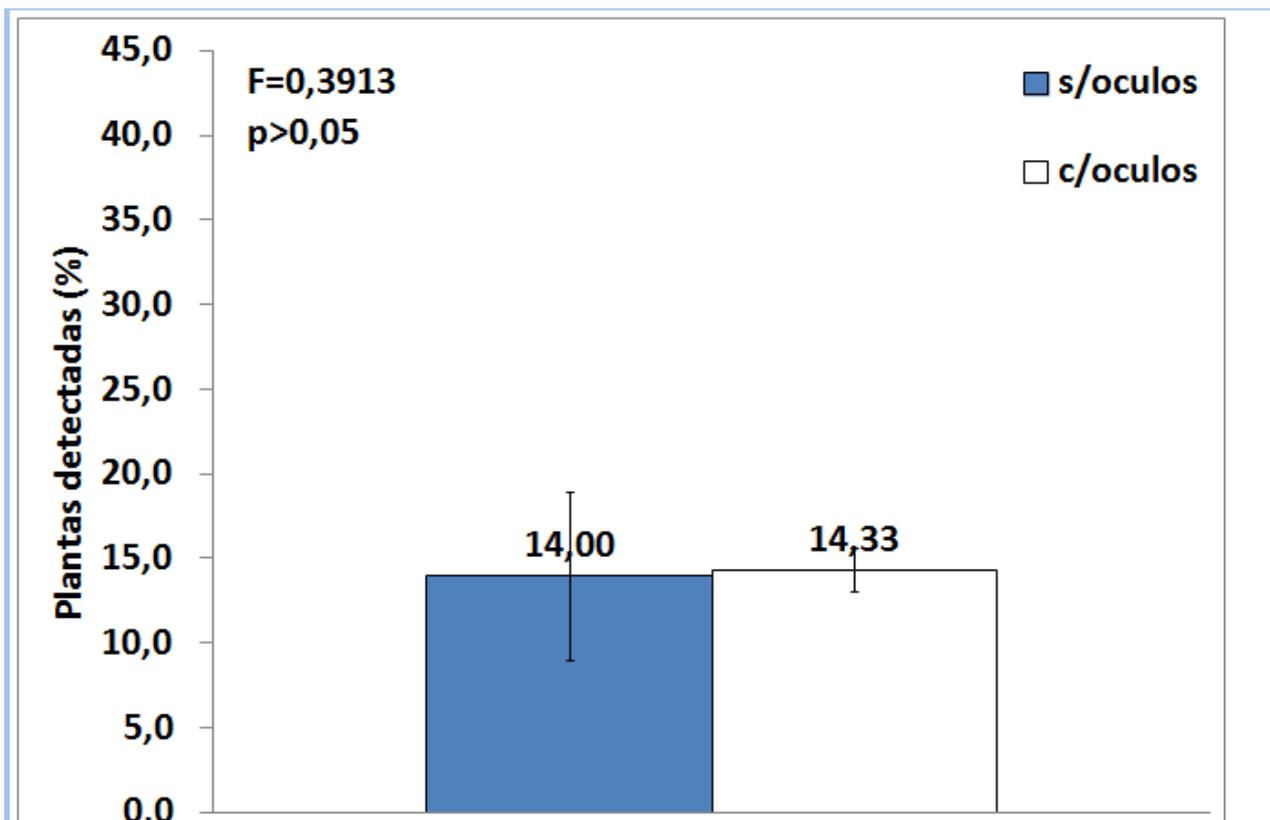


Gráfico 27 – Experimento 3: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando a utilização e não utilização de óculos na área C.

A análise de variância teve resultado similar aos anteriores e representa que a utilização ou não de óculos não difere quanto à quantidade de plantas identificadas com HLB, com 95% de confiança.

De maneira geral, a utilização do dispositivo ou mesmo do óculos branco “placebo”, representou significativamente melhora ou piora na atividade de inspeção quanto ao número de plantas com HLB identificadas. A seguir serão apresentados os resultados do quarto e último experimento de validação.

#### 4.3.5. Quarto experimento de validação

**Fazenda Santa Alice, Bebedouro/SP.**

**Período de realização: 21.03.2013 a 16.04.2013**

Assim como os anteriores, este experimento comparou inspeções com os tratamentos óculos rosa, óculos branco “placebo” e inspeção sem óculos, conforme inspeção atual. Para a avaliação, três equipes de inspeção permutaram a utilização dos três tratamentos em seis áreas distintas, sendo três delas em plantas adultas (Área A, B e C) e três talhões com plantas jovens (Área D, E e F), conforme Tabela 6 abaixo.

Tabela 6 - Quarto experimento: Permutação entre equipes e tratamentos nas áreas definidas de avaliação.

			PERÍODO 1	PERÍODO 2	PERÍODO 3	PERÍODO 4	PERÍODO 5	PERÍODO 6
		Sem Óculos						
		Óculos Branco						
		Óculos Rosa						
<b>Adulto</b>	<b>Plataforma</b>	<b>A</b>	Equipe 1		Equipe 2		Equipe 3	
		<b>B</b>	Equipe 2		Equipe 3		Equipe 1	
		<b>C</b>		Equipe 3		Equipe 1		Equipe 2
<b>Jovem</b>	<b>Chão</b>	<b>D</b>	Equipe 3		Equipe 1		Equipe 2	
		<b>E</b>		Equipe 1		Equipe 2		Equipe 3
		<b>F</b>		Equipe 2		Equipe 3		Equipe 1

As variedades de cada área são:

Área A: Variedade Natal, porta-enxerto Swingle

Área B: Variedade Natal, porta-enxerto Swingle

Área C: Variedade Valência, porta-enxerto Volkameriano

Área D: Variedade Pera, porta-enxerto Swingle

Área E: Variedade Pera, porta-enxerto Swingle

Área F: Variedade Pera, porta-enxerto Swingle

Assim como no segundo experimento, as inspeções em plantas adultas foram realizadas utilizando plataformas duplas de inspeção com dois inspetores apenas no piso superior, enquanto as inspeções em plantas jovens foram realizadas por duplas a pé, portanto cada equipe é composta por 2 inspetores.

O período do experimento representa dois dias de adaptação com os óculos e dois dias de inspeção. A marcação das plantas foi realizada utilizando uma folha de controle em que cada inspetor marca o número da rua e número da planta na rua. A contagem do número da planta na rua é realizada utilizando contador. Ao final do dia cada inspetor entrega para o encarregado da fazenda a folha de controle em que estão marcadas todas as plantas identificadas. Com este tipo de marcação não há necessidade de retirada de fitas entre os períodos de inspeção.

A Figura 58 mostra uma inspetora realizando sua atividade utilizando os óculos rosa.



Figura 58 – Inspetora de HLB realizando inspeção visual a pé utilizando o óculos rosa. Fonte: ARANTES, 2013.

As Figura 59 e Figura 60 apresentam o efeito do dispositivo para ramos amarelos na propriedade em que este experimento foi realizado.



(a)



(b)

Figura 59 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2013.



(a)



(b)

Figura 60 – Visualização de um ramo amarelo (a) sem o dispositivo de ajuda perceptiva e (b) com o dispositivo. Fonte: ARANTES, 2013.

Para as análises foi considerada a quantidade total de plantas identificadas em cada área por cada tratamento. Os resultados apresentados a seguir referem-se à média do número de plantas identificadas por cada tratamento nas 3 áreas em inspeções em plataformas (Áreas A, B, e C) e, posteriormente, à média do número de plantas identificadas nas 3 áreas em inspeções a pé (Áreas D, E e F). Seguem abaixo os resultados.

### Inspeções com plataforma

Comparando-se os três tratamentos para inspeções com plataforma, tem-se o resultado do Gráfico 28 abaixo.

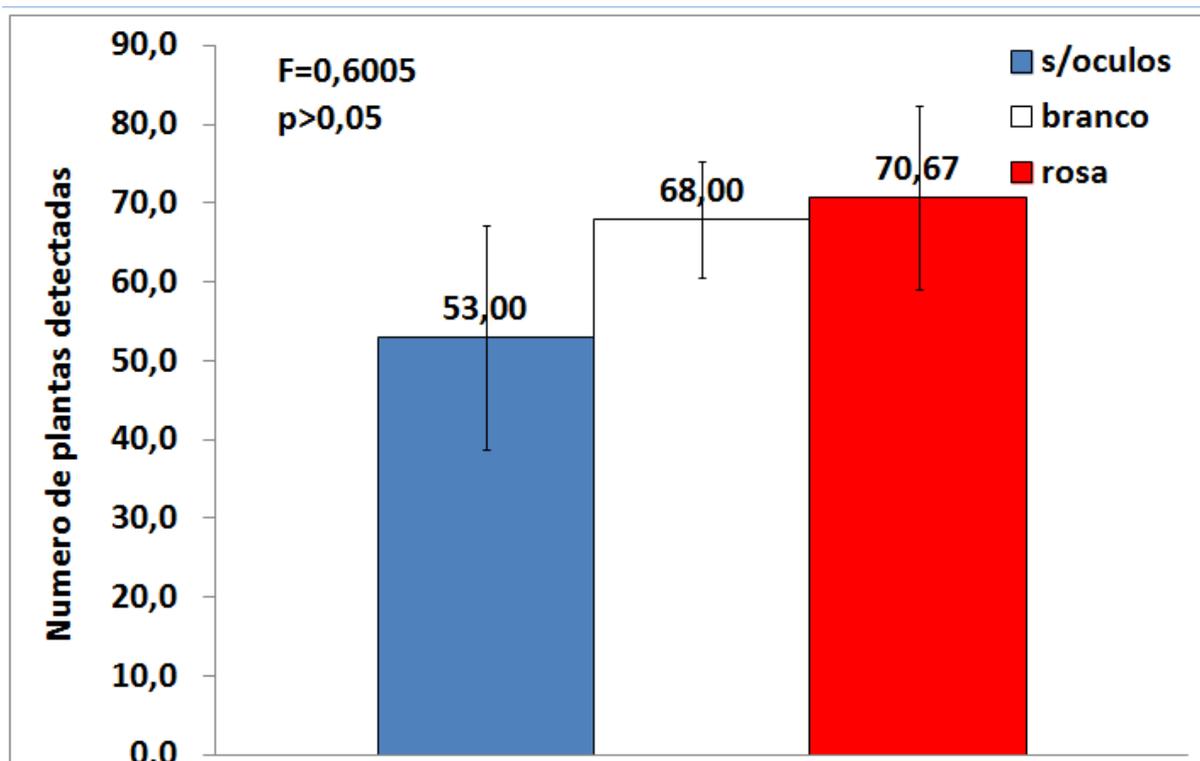


Gráfico 28 – Experimento 4: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento em inspeções utilizando plataformas.

O resultado demonstra que os óculos rosa proporcionaram uma maior identificação de HLB em comparação à inspeção com óculos branco e sem óculos, conforme é realizado atualmente. No entanto, a Análise de Variância demonstra que os três tratamentos não diferiram entre si com 95% de confiança, ou seja, apesar da inspeção com óculos rosa ter sido superior, este resultado não representa significativamente que tenha sido devido à utilização

do dispositivo. Portanto, a inspeção utilizando óculos rosa, branco ou sem óculos não representa estatisticamente maior ou menor identificação de HLB.

Da mesma forma, se compararmos a utilização de óculos (qualquer que seja) com a inspeção sem óculos, conforme é realizado atualmente, observa-se o resultado do Gráfico 29 a seguir.

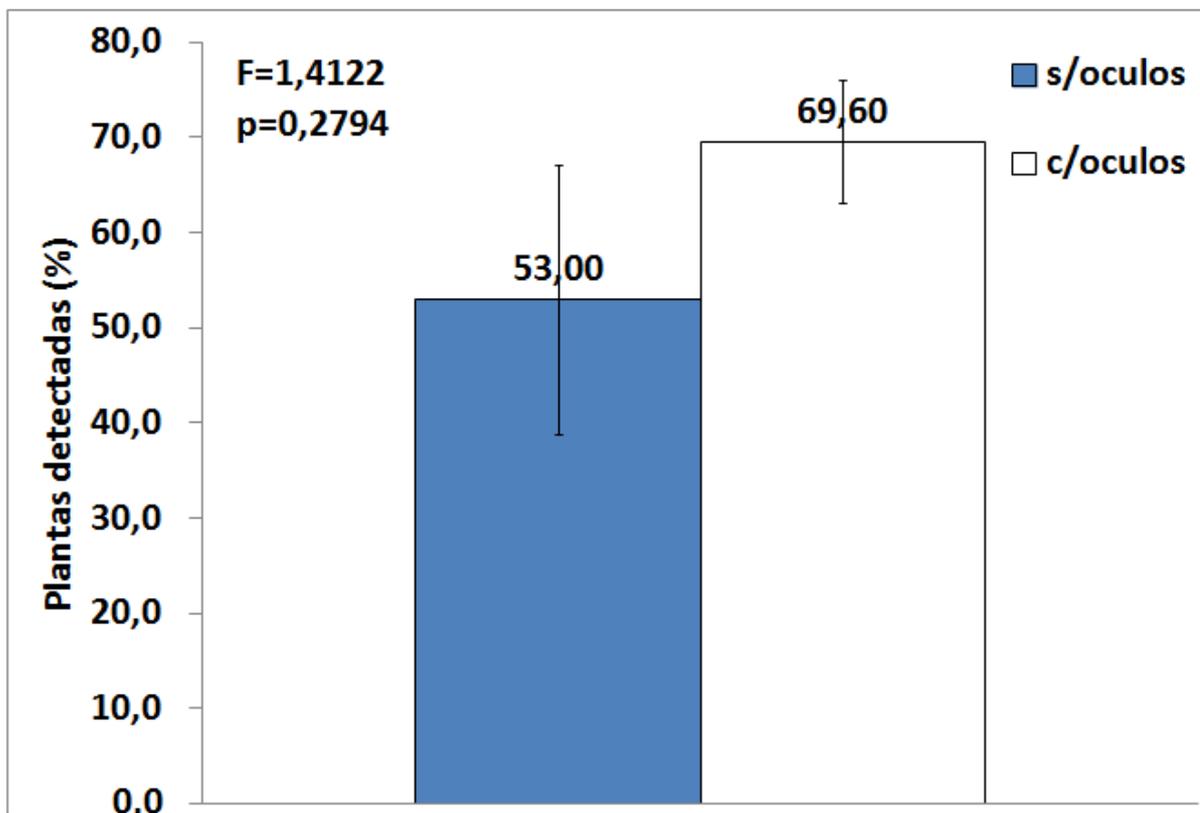


Gráfico 29 – Experimento 4: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando a utilização e não utilização de óculos para inspeções com plataformas.

Assim como o resultado anterior, a utilização de óculos identificou mais plantas que a inspeção sem óculos, no entanto, segundo a análise de variância, este resultado não foi devido à utilização do dispositivo, ou seja, com 95% de confiança a utilização ou não de óculos não representa maior ou menor identificação de HLB.

## Inspeções a pé

Para as inspeções a pé, o resultado entre as inspeções com óculos rosa, branco ou sem óculos é mais equilibrado, conforme pode ser visto no Gráfico 30 a seguir.

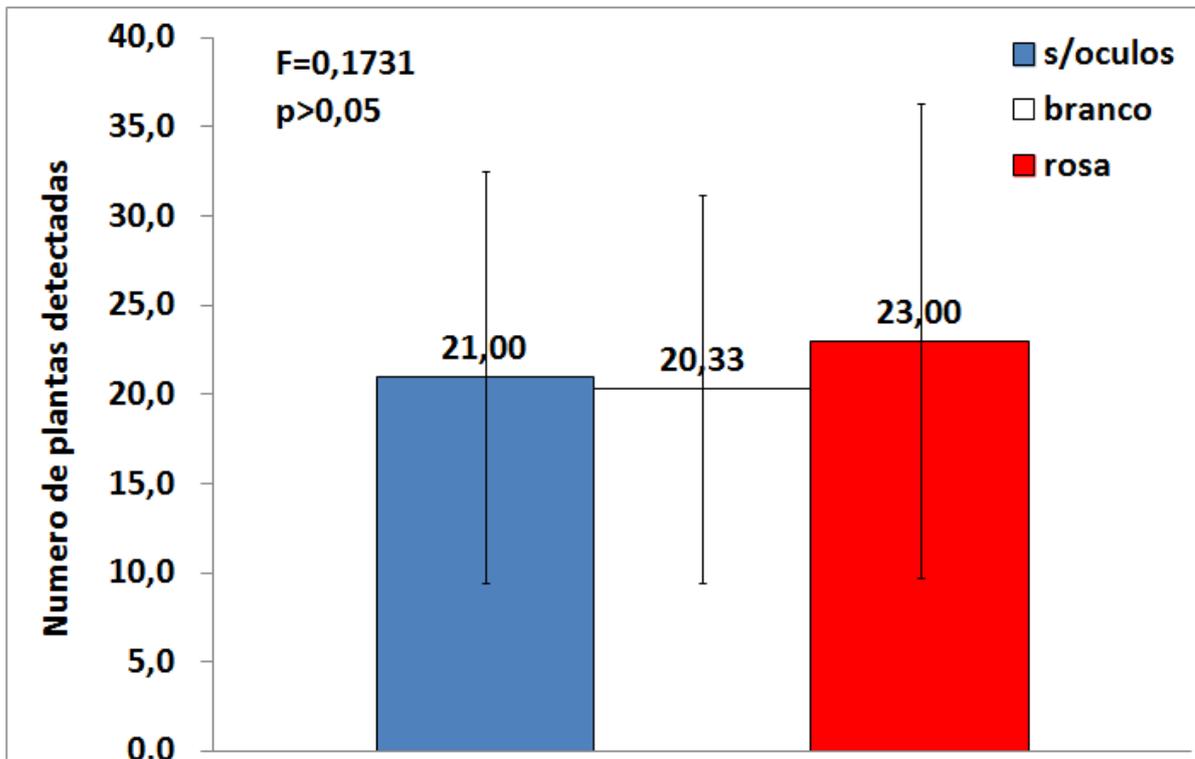


Gráfico 30 – Experimento 4: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento em inspeções a pé.

O número de plantas identificadas com os três tratamentos foram próximas e os erros associados às medidas se apresentaram bastante significativos. Assim, a análise de variância demonstrou que os resultados não diferiram entre si com 95% de confiança.

O mesmo ocorreu para a comparação entre inspeções utilizando óculos (rosa ou branco) e inspeções sem óculos, conforme Gráfico 31 abaixo.

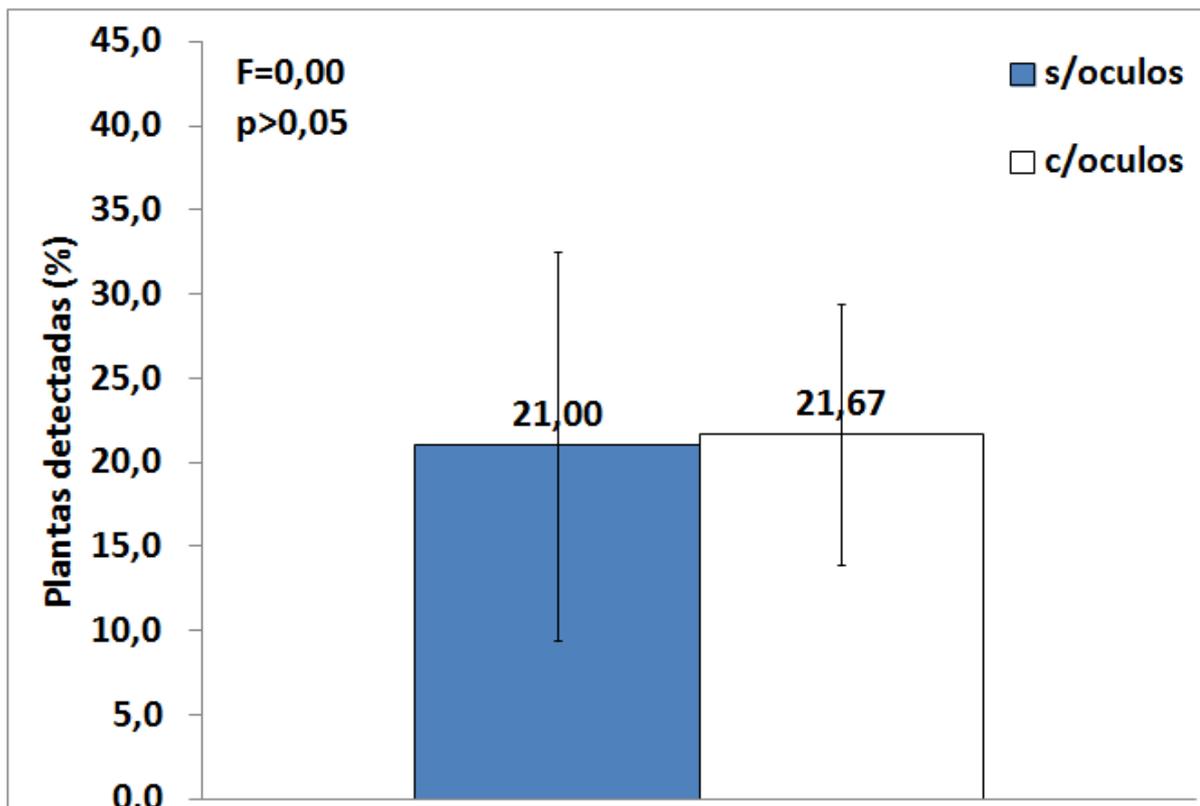


Gráfico 31 – Experimento 4: Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando a utilização e não utilização de óculos para inspeções a pé.

Os resultados demonstram, portanto, que tanto para inspeções a pé quanto para inspeções em plataforma a utilização de óculos rosa ou branco não representou significativamente melhora ou piora na eficiência de inspeção de HLB, com 95% de confiança.

Após análise de cada um dos experimentos isoladamente, se faz interessante realizar uma análise considerando o maior número de dados disponíveis, juntando os dados de todos os experimentos com o intuito de aumentar a amostragem e reduzir o erro associado aos valores da série. No entanto, dos experimentos realizados apenas o segundo, terceiro e quarto tiveram as marcações retiradas entre cada período, de forma que os valores analisados para os três experimentos são referentes ao total de plantas identificadas por cada tratamento em cada área. Já para o primeiro experimento não foi possível retirar a marcação entre cada período, por isso a análise foi realizada considerando o que cada tratamento identificou a mais que o anterior não havia identificado. Por isso, para considerar a maior amostragem com os dados disponíveis, a análise de variância realizada a seguir leva em consideração as médias dos

dados do segundo, terceiro e quarto experimentos. Para esta análise são considerados ao todo dados de 18 áreas avaliadas, sendo 3 áreas do experimento 2 (blocos 1, 2 e 3), 9 áreas do experimento 3 (Área A, B e C divididos em 3 blocos cada) e 6 áreas do experimento 3 (área A, B, C, D, E e F). O resultado da média destas 18 áreas está apresentado para cada tratamento no Gráfico 32 a seguir.

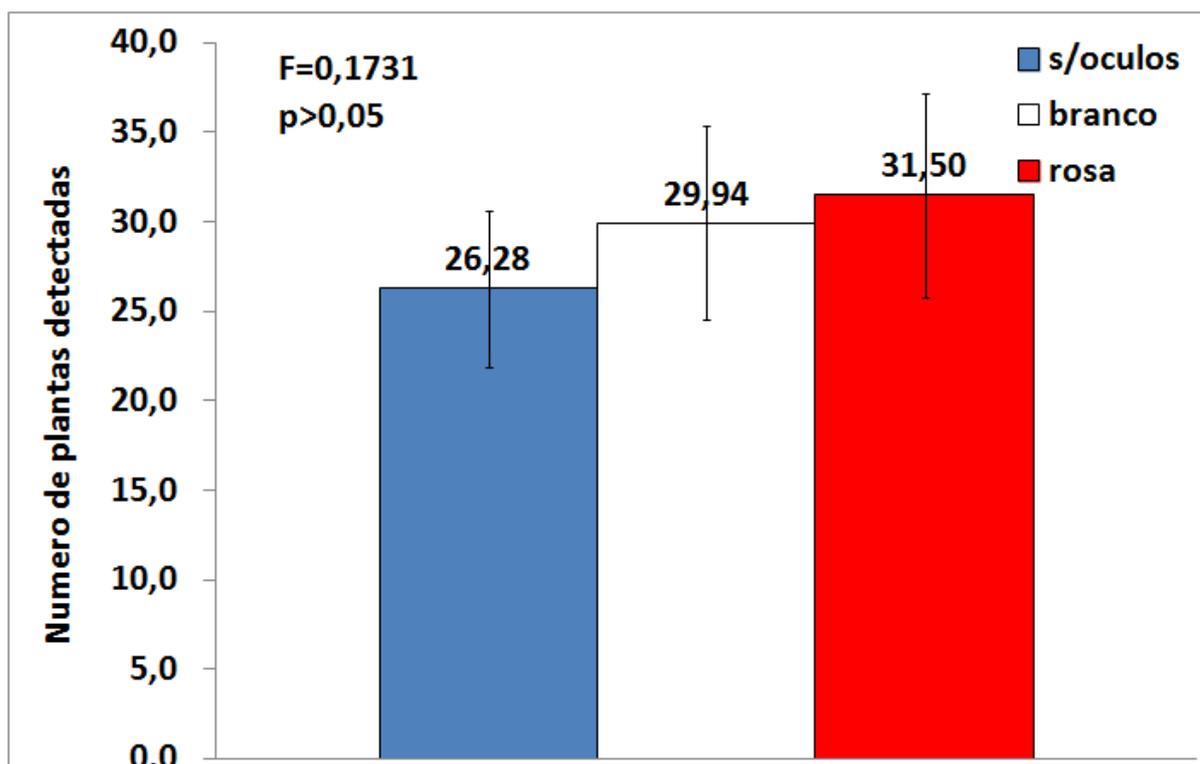


Gráfico 32 – Média e desvio padrão do número de plantas identificadas por cada tratamento considerando os dados dos experimentos 2, 3 e 4.

Considerando os dados dos experimentos 2, 3 e 4, verifica-se que em média houve maior identificação de plantas com a utilização do dispositivo desenvolvido (óculos rosa), seguido pela utilização do óculos “placebo” e por fim a inspeção sem óculos, como é realizado atualmente. No entanto, a análise de variância apresentou p-valores  $>0,05$ , o que significa que os tratamentos não diferiram entre si com 95% de confiança, ou seja, mesmo considerando os três experimentos o resultado demonstrou que nenhum dos tratamentos representou maior ou menor identificação de plantas em inspeções visuais de HLB em campo.

O Gráfico 33 a seguir apresenta o resultado da análise das médias dos experimentos 2, 3 e 4 quanto à utilização ou não de óculos (seja ele branco ou rosa) em comparação à inspeção como é realizada atualmente (sem óculos).

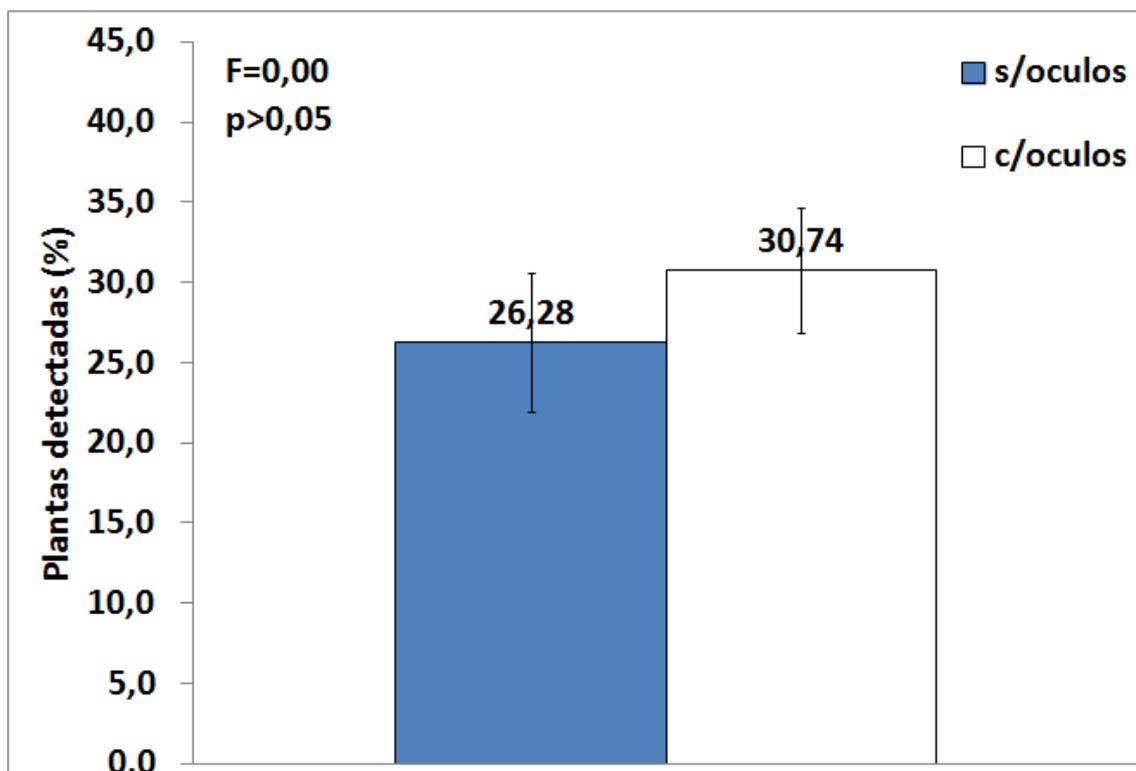


Gráfico 33 – Média e desvio padrão do número de plantas identificadas comparando a utilização e não utilização de óculos considerando os dados dos experimentos 2, 3 e 4.

Assim como os resultados anteriores, a análise de variância considerando a junção dos dados dos experimentos 2, 3 e 4 demonstrou que a utilização de óculos, independentemente de branco ou rosa, não representou significativamente maior ou menor quantidade de plantas identificadas com HLB, com 95% de confiança.

Ao final dos quarto experimentos realizados nesta pesquisa, além do pré-teste, os resultados demonstram que a utilização de óculos rosa ou branco não representou significativamente melhora ou piora na eficiência de inspeção de HLB. Conforme pode ser visto no Gráfico 34 a seguir, em algumas análises o resultado é favorável à utilização dos óculos rosa e em outras aos óculos brancos. Os valores no eixo das coordenadas referem-se à normalização do número de plantas identificadas em cada experimento.

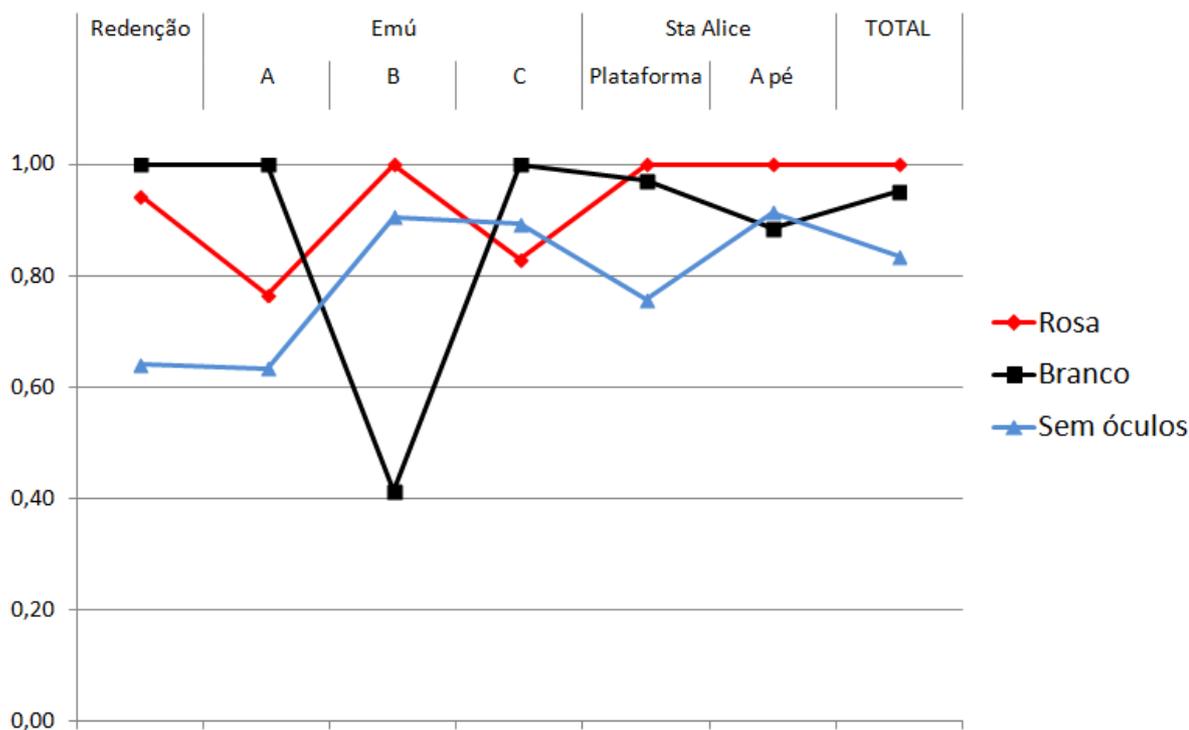


Gráfico 34 – Valores normalizados do número de plantas identificadas por cada tratamento nos experimentos 2, 3 e 4 e Total.

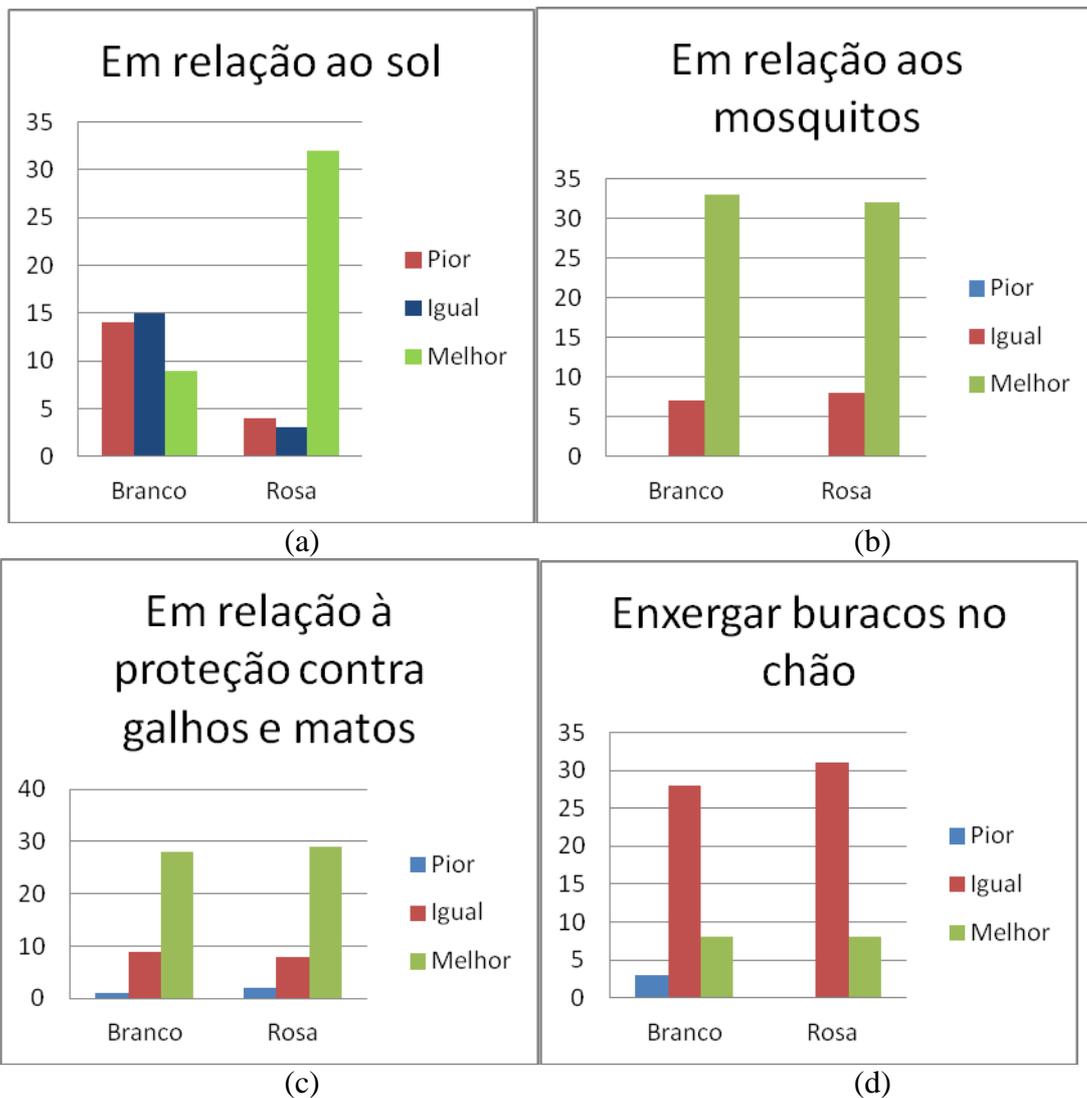
Estes resultados podem ser associados a outros fatores relacionados à atividade de inspeção visual de HLB. A este resultado pode ter influência dos condicionantes apresentados por Gonçalves (2011): a variação do sol, o posicionamento dos inspetores nas plataformas, a dificuldade de visualizar os sintomas em vegetação nova devido à presença de folhas mais claras, confusão em distinguir de outras doenças e o cansaço físico e mental associado a atividade, principalmente após as 15h00. No tópico a seguir estas questões serão analisadas a partir dos questionários aplicados aos inspetores quanto à percepção sobre o dispositivo. Além destas questões, outras também serão abordadas como a adaptação de cada inspetor com o dispositivo, o embaçamento das lentes, fator também abordado por Gonçalves (2011), facilidade de cada inspetor em identificar os sintomas e a sensação de maior ou menor eficiência na realização da atividade.

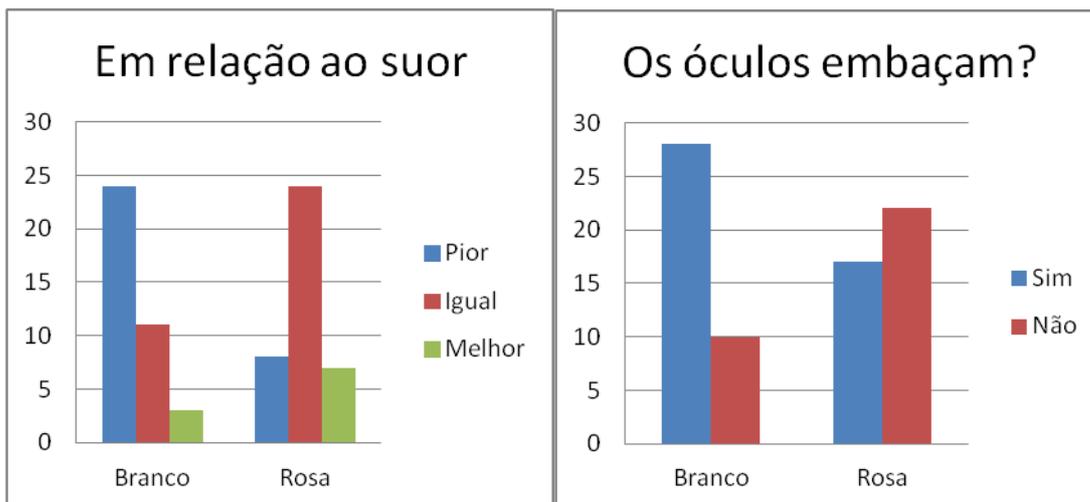
#### 4.4. Percepção dos usuários

A percepção dos usuários em relação aos óculos foi avaliada por entrevistas semi-estruturadas para todos os inspetores participantes dos quatro experimentos e do pré-teste. Ao todo até 40 inspetores foram avaliados em relação a fatores do ambiente, desconforto, adaptação e eficácia de inspeção. A seguir os resultados para os fatores do ambiente.

##### 4.4.1. Ambiente

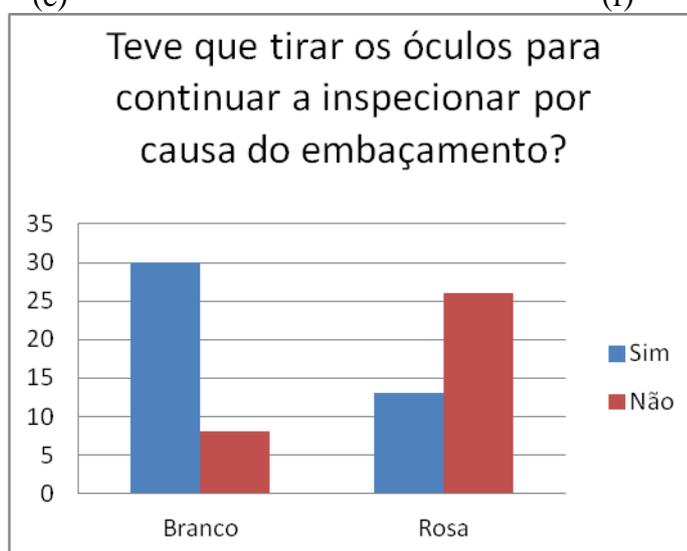
Os questionamentos quanto aos fatores do ambiente referem-se à presença de galhos, mato, buracos, mosquitos, consequências do sol e transpiração, que podem ocasionar embaçamento e dificuldade na visualização dos sintomas. Os resultados são apresentados no Gráfico 35 a seguir.





(e)

(f)



(g)

Gráfico 35 - Percepção dos inspetores com relação ao ambiente (a) sol, (b) matos e galhos, (c) mosquitos, (d) buracos no chão, (e) suor, (f) embaçamento e (g) necessidade de tirar os óculos para confirmar os sintomas.

De maneira geral tanto os óculos brancos quanto os óculos rosa apresentam melhoria quanto à proteção dos mosquitos e visualização de galhos e mato, e pouca melhoria quanto à visualização de buracos no chão. Em relação à proteção contra o sol foram identificados problemas quanto à utilização dos óculos branco identificadas nas seguintes verbalizações:

*...o branco reflete muito...*

*...fica muito claro, então piora, né?!...*

*... olhando de baixo para cima fica pior...*

*... de manhã quando o sol fica de frente, atrapalha...*

*... não protege nada (contra o sol)...*

Por outro lado, alguns inspetores se manifestaram positivamente em relação ao óculos branco “placebo”, principalmente em ambiente nublado:

*... quando ‘ta’ nublado é melhor...*

*... parece que ‘clareia’...*

*...fica mais “limpo” o ambiente...*

Já os resultados obtidos para os óculos rosa quanto à proteção contra o sol foram superiores em relação ao branco, evidenciado pelas verbalizações:

*...quando ‘ta’ mais forte (o sol) fica bem melhor...*

*...na parte da manhã que o sol ‘ta’ de frente, ajuda bastante...*

*...esse é muito melhor que o outro...*

*...contra o sol escurece um pouco, fica melhor...*

*...quando ‘tá’ sol destaca mais, o amarelo fica vivo...*

No entanto, ao contrário dos óculos branco, foram identificadas dificuldades em dias nublados:

*... Dá alívio pra vista, mas quando ‘ta’ nublado atrapalha...*

*...quando ‘ta’ sol forte é melhor porque “quebra” o clarão, mas quando ‘ta’ nublado fica mais escuro, sem (óculos) é melhor...*

Relacionando os resultados verifica-se que para os óculos branco os inspetores precisam parar mais vezes para limpar os óculos devido ao embaçamento em consequência da transpiração.

Já para os óculos rosa este fator não demonstrou ter tanto impacto para a maioria dos inspetores.

De maneira geral os óculos rosa tiveram percepção mais positiva que os óculos brancos no que se refere aos fatores ambientais na maior parte dos fatores avaliados, com destaque para a proteção contra o sol e a questão do embaçamento. Para a visualização de buracos no chão, não foi verificada melhoria significativa, tampouco piora para ambos.

#### 4.4.2. Desconforto

O desconforto foi avaliado por meio de uma pergunta com opções de desconforto aos entrevistados, quanto à dor nos olhos, dor de cabeça ou tontura, e abertura para manifestação de qualquer outro tipo de desconforto identificado. Os resultados estão nos Gráfico 36 a seguir.

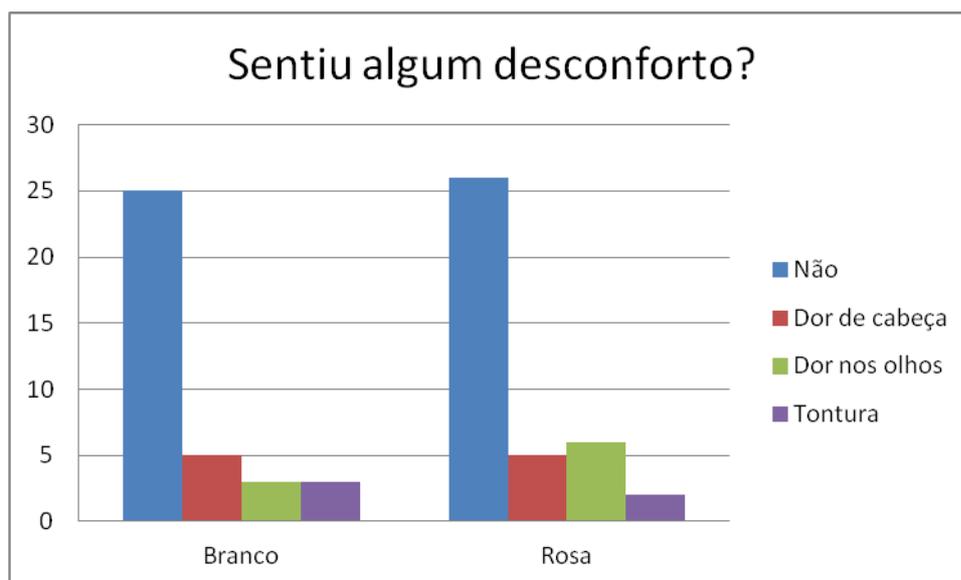


Gráfico 36 - Percepção dos inspetores quanto ao desconforto causado pelos óculos.

A grande maioria dos entrevistados não manifestou sentir desconforto utilizando qualquer um dos óculos. Alguns inspetores apresentaram dor de cabeça ou dor nos olhos, mas a maior parte que a sentiu foi para ambos os óculos. A manifestação desta sensação ocorreu principalmente no período inicial de uso que corresponde à adaptação aos dispositivos, esse fator será avaliado a seguir.

### 4.4.3. Adaptação

Quanto à adaptação, a maior parte dos inspetores demonstraram que para os óculos branco não foi necessário tempo de adaptação, enquanto que para os óculos rosa a grande maioria identificou a necessidade de aproximadamente 2 dias de adaptação. Estes resultados são coerentes com a necessidade identificada de retirar os óculos rosa para confirmar os sintomas, principalmente no início da atividade e em alguns casos ao longo de toda a atividade ou apenas ocasionalmente, conforme Gráfico 37.

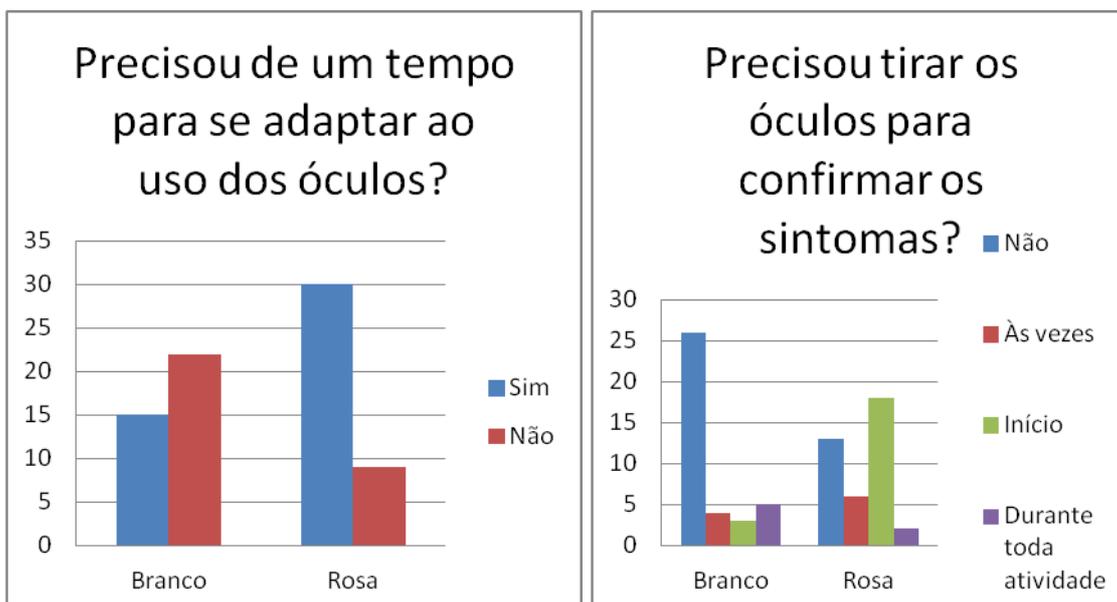


Gráfico 37 - Percepção dos inspetores quanto à adaptação aos óculos.

As verbalizações representam o processo de adaptação com os óculos rosa:

*...precisava tirar só no primeiro dia, depois a gente batia o olho e já via o amarelo...*

*...só nas duas primeiras ruas que achei estranho, mas depois vi que era normal e já não passava mais nada (“escapes”)...*

Algumas considerações sobre os óculos rosa foram feitas em relação à presença de vegetação nova e brotações.

*...tem que tirar quando tem bastante vegetação nova...*

*...quando tem brotação a gente tira pra confirmar, né?...*

*...o mais velho (HLB) já vê de cara, nem precisa tirar. O greening mais novo tem que tirar um pouco...*

*...Não confunde com folha nova porque ele deixa ver bem a nervura (da folha), além da cor amarela...*

*...A olho nu a gente já tem certeza. Com o óculos precisa tirar pra confirmar...*

A confusão devido à presença de vegetação nova foi revelada por Gonçalves (2011) como uma das dificuldades presentes na atividade de inspeção, mesmo sem a utilização de óculos ou outro dispositivo de ajuda perceptiva. Isso porque a vegetação nova apresenta folhas mais claras, similares ao HLB.

*...o jeitinho da folha nova é o mesmo das do Greening... (em GOLÇANVES, 2011, pág. 118)*

Quanto à visualização do mosqueamento das folhas, que é o sintoma que o dispositivo desenvolvido pretende dar maior auxílio perceptivo, os inspetores identificaram melhora, conforme Gráfico 38 a seguir.

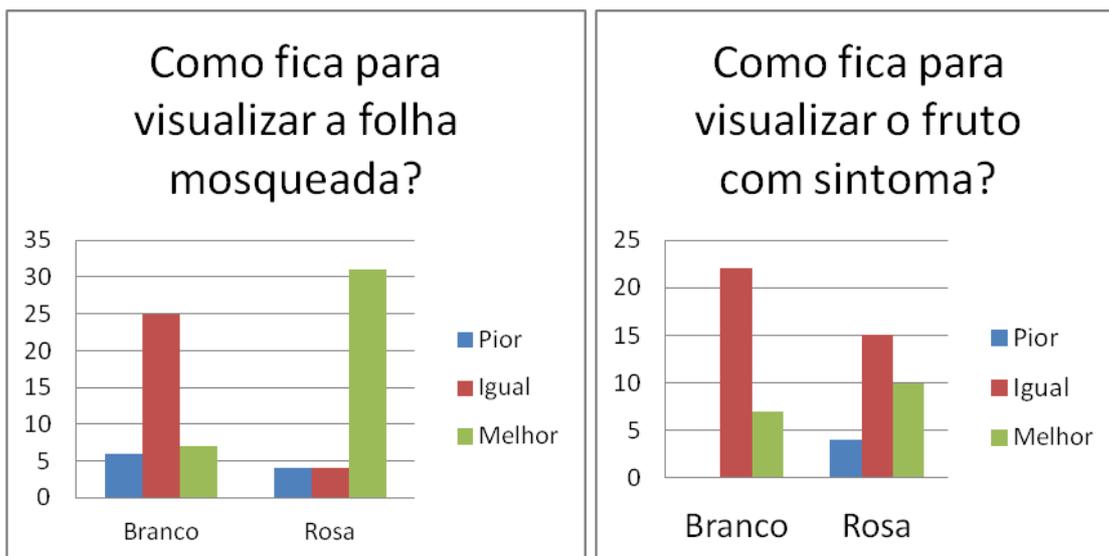


Gráfico 38 - Percepção dos inspetores quanto à visualização da folha mosqueada e fruto sintomático.

Como esperado, não foi verificado grande melhora na visualização do mosqueamento pela utilização dos óculos branco. A maioria dos inspetores reconheceram uma vantagem significativa dos óculos rosa para identificação destes sintomas.

*...aparece mais o mosqueado mesmo...*

*... puxa mais o amarelo desde longe...*

*...Quando 'ta' sol aparece bem mais o amarelado...*

*...o amarelado aparece mais. Dá um tom mais forte...*

*...não deixa passar pra trás (escape), chama mais a atenção...*

Verbalizações em relação ao fruto:

*...mostra o fruto bem murcho, fica mais fácil...*

Um fator interessante foi identificado pelos inspetores quanto à utilização do dispositivo dependendo da posição na plataforma, principalmente por inspetores no piso superior da plataforma.

*...vê mais o amarelo, principalmente quem está em cima da plataforma...*

*...pega de longe... (inspetor da parte de cima da plataforma)*

*...embaixo é difícil encontrar Greening, então fica a mesma coisa...*

Conforme revelado por Gonçalves (2011), este fator pode estar relacionado ao fato de que quem está na plataforma superior não precisa ficar desviando dos galhos como os inspetores posicionados na plataforma de baixo. Além disso, esta percepção pode ter relação com o maior campo visual dos inspetores na plataforma de cima e também à maior quantidade de sombra que o sol faz nas áreas sob o campo visual dos inspetores da plataforma inferior. Isto é demonstrado pela verbalização de alguns inspetores em relação a um possível “escurecimento” da visão com a utilização dos óculos rosa, conforme também observado nos fatores do ambiente.

*...mesmo sem óculos a gente tem dificuldade pra achar, mas quando 'tá' sombra dificulta mais...*

*...fica muito escuro, daí dificulta...*

No entanto houve quem identificasse este fator como positivo.

*...bom que fica mais escuro, então descansa as vistas...*

Quanto à distinção de HLB em relação a outras doenças, os óculos branco não apresentaram melhora ou piora para a maioria dos inspetores (Gráfico 39).

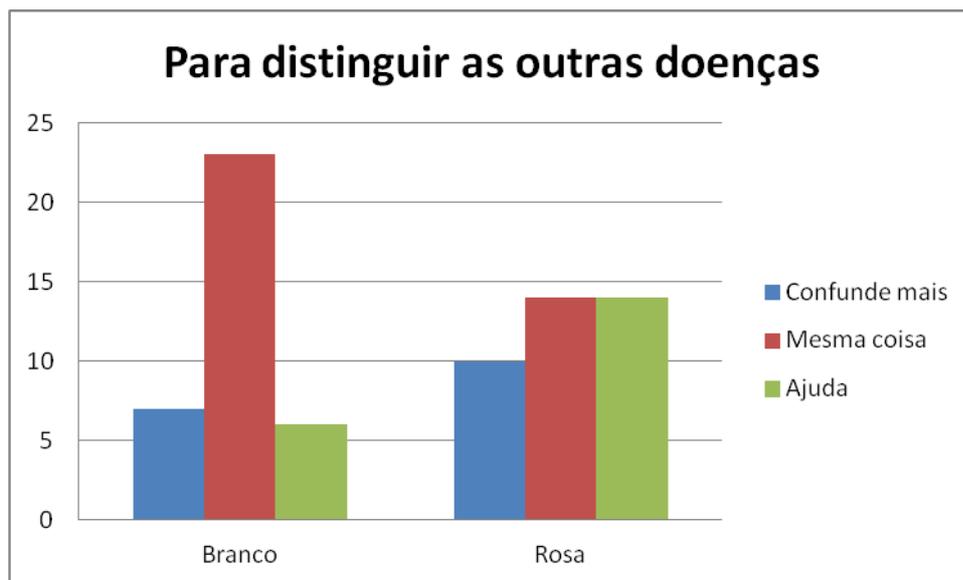


Gráfico 39 - Percepção dos inspetores quanto à distinção das outras doenças.

Para os óculos rosa, alguns inspetores também identificaram que não atrapalha, tampouco ajuda.

*...fica a mesma coisa. No começo a gente precisar tirar pra confirmar, mas depois acostuma...*

Outros inspetores identificaram que ajuda.

*...o Greening a gente conhece, sabe como é, então dá pra diferenciar...*

*...o mosqueado do Greening é diferente de todos os outros, não confunde não...*

*...vê o Greening mais destacado...*

*...só no começo que confunde um pouco...*

A seguir será analisada a percepção dos usuários quanto à eficácia de identificação da doença.

#### **4.4.4. Eficácia**

Na dimensão da eficácia foram colocadas duas questões aos entrevistados, uma quanto à facilidade de encontrar HLB (Gráfico 40), ou seja, se o inspetor identifica mais fácil o HLB que encontraria mesmo sem o dispositivo, e outra questão quanto à quantidade de HLB encontrado, para verificar se o inspetor tem a percepção de identificar HLB com o dispositivo que sem, não identificaria (Gráfico 41).

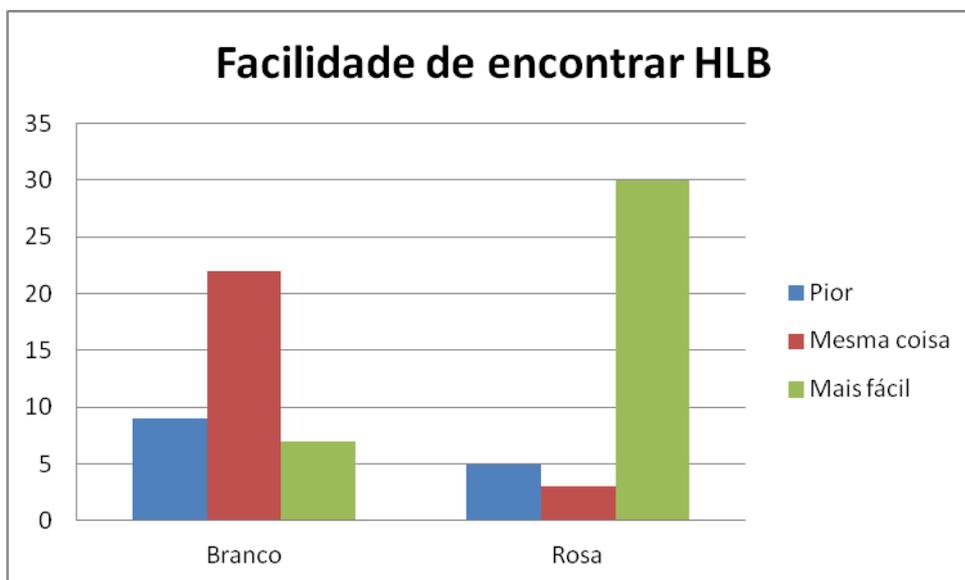


Gráfico 40 - Percepção dos inspetores quanto à Facilidade de encontrar HLB

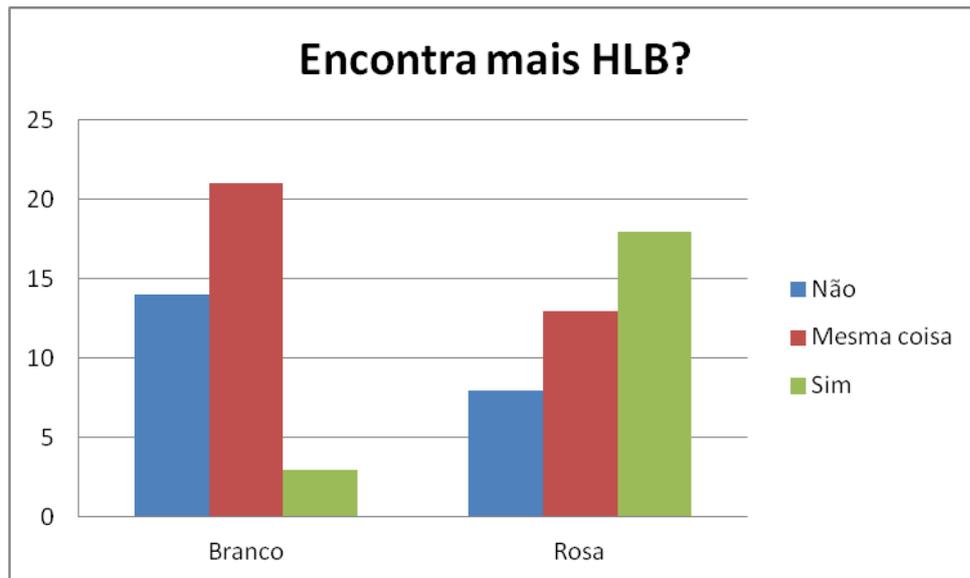


Gráfico 41 - Percepção dos inspetores quanto á influência dos óculos na identificação de mais HLB.

Analisando Gráfico 40, verifica-se que para os óculos branco a maioria dos inspetores manifestaram não perceber grande influência quanto à facilidade de inspeção, resultado que reflete na percepção de não identificar maior quantidade de HLB (Gráfico 41). Se considerar as informações das dimensões analisadas anteriormente, verifica-se que há um sentido lógico para este resultado uma vez que para os óculos branco também não foi percebida melhora quanto à visualização da folha mosqueada (Gráfico 38).

Já para o dispositivo desenvolvido (óculos rosa), verifica-se uma percepção bastante positiva para a maioria dos inspetores quanto à facilidade de se encontrar HLB.

*... "puxa" bem o mosqueado...*

*...destaca mais a planta com Greening...*

*...quando o Greening 'ta' avançado acha sem (óculos) também, mas quando 'ta' no início ele dá uma amarelada a mais...*

Em consequência da maior facilidade, também é verificado uma percepção positiva em relação à maior quantidade de identificação de HLB.

*... 'ta' achando muito (HLB). Esse (óculos rosa) encontra os mais difíceis...*

*...com o rosa tem Greening que você vê que sem o óculos não tem jeito, principalmente Greening mais novo...*

Alguns inspetores manifestaram maior facilidade para identificar a doença, mas não perceberam maior quantidade de identificação.

*...é a mesma coisa, só que a gente tem um conforto, não precisa ficar procurando tanto...*

*...o Greening fica mais claro, mas acha o mesmo tanto...*

Uma minoria manifestou percepção negativa.

*...sem ele, eu acho que encontraria mais (HLB)...*

Comparando o resultado com as demais dimensões analisadas, observa-se coerência nas respostas uma vez que com os óculos rosa teve percepção positiva em relação à visualização da folha mosqueada (Gráfico 38), o que reflete na percepção de maior facilidade de identificação de HLB, já que é o principal sintoma procurado pelos inspetores em sua atividade, conforme revelado por Gonçalves (2011).

Quando questionados se utilizariam os óculos no trabalho diário caso lhes fosse dado como opção, os inspetores manifestaram preferência pelos óculos rosa, conforme pode ser observado no Gráfico 42.

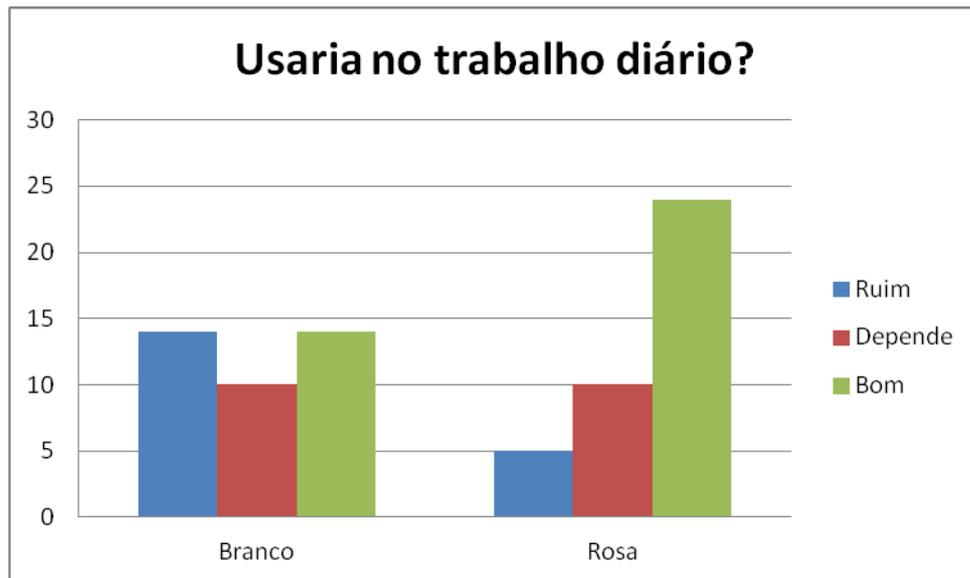


Gráfico 42 – Possibilidade de uso dos óculos no trabalho diário.

As verbalizações representam a maior aceitação dos óculos rosa.

*...prefiro o rosa, deixa o HLB mais destacado...*

*...prefiro o rosa. Além de mais proteção, a gente distingui mais o amarelado na folha...*

No entanto os inspetores manifestaram algumas restrições para sua utilização, principalmente em relação ao horário do dia e presença de sol.

*...usaria sim, mas em dia nublado não, porque atrapalha um pouco...*

*...usaria de manhã e no final do dia porque é quando o sol 'ta' mais baixo...*

*...usaria mais depois do almoço. Ajuda por causa do sol...*

*...prefiro o rosa, mas to mais acostumado sem...*

*...o branco eu usaria por causa de proteção só...*

*...o ruim é que tem que ficar parando pra limpar da poeira ou porque embaça...*

De maneira geral a percepção dos usuários foi positiva quanto ao dispositivo desenvolvido. Mesmo os óculos branco, considerado como “placebo” teve uma aceitação favorável principalmente em relação à proteção. As verbalizações demonstram algumas percepções.

*...A vista fica melhor porque os mosquitos não incomodam tanto...*

*...protege da poeira...*

E também com relação ao dispositivo desenvolvido (óculos rosa).

*...Não “arde” a vista, descansa...*

*...Depende. Precisa de um tempo pra acostumar...*

Outros pontos de melhoria foram identificados pelos inspetores, em especial com relação à interação com outros instrumentos.

*...fica ruim quando usa protetor auricular...*

*...machuca quando usa o abafador...*

*...se tivesse grau ficava melhor...*

*...com o chapéu não atrapalha em nada. A colega que usa a toca (árabe) também disse a mesma coisa...*

*...machuca um pouco o nariz. Se fosse mais leve poderia usar sim...*

Apesar de não estar habituado com o uso, o inspetor reconhece melhora para o óculos rosa.

*...não usaria por causa do incômodo, mas melhora a visão...*

Algumas informações interessantes foram obtidas com relação à saturação da retina, conforme mencionado na seção 2.4.3.

*...chega uma hora que o colorido fica na vista, daí precisa tirar e piscar as vezes para recuperar...*

E também com relação ao hábito e costume de utilizar óculos de segurança como um EPI independente de sua lente.

*...Depende. Estou mais acostumado sem óculos...*

De maneira geral os resultados de percepção foram considerados positivos, tanto para os óculos branco quanto a critérios relacionados à proteção, como para os óculos rosa com relação à visualização da folha mosqueada e facilidade de identificar a doença, ainda que isso não represente necessariamente uma percepção de aumento na quantidade de HLB encontrado, apesar da maior parte dos inspetores terem manifestado também a percepção de encontrar mais plantas com HLB utilizando o dispositivo.

Um ponto importante de se explicitar é quanto ao tempo de experiência dos inspetores na atividade e sua percepção com relação ao dispositivo. Dentre a população avaliada de 40 inspetores, havia inspetores com experiência de 6 meses a até 7 anos na atividade de inspeção de HLB, no entanto não foi verificado padrão entre o tempo de experiência na atividade de inspeção e a melhor ou pior percepção quanto ao dispositivo. O que se verificou foi uma grande diversidade de respostas, independente da experiência prévia na atividade. Esta diversidade de respostas caracteriza a variabilidade entre inspetores e entre equipes, pois dentro de uma mesma equipe há inspetores com tempos de experiência diferentes, e por sua vez a variabilidade representa a realidade do trabalho de inspeção visual de HLB. Por esta pesquisa levar em consideração a realidade de trabalho de inspeção e por não haver indícios de que o dispositivo teve impacto diferente na percepção versus o tempo de experiência prévia dos inspetores, esta discussão não será aprofundada.

Este capítulo apresentou os resultados de todo o processo de desenvolvimento, desde a elucidação e estruturação do problema até a validação do dispositivo desenvolvido, passando pelo Projeto Conceitual e Projeto Detalhado. Na seção a seguir serão realizadas as conclusões da pesquisa acerca dos resultados e as dificuldades enfrentadas na realização dos experimentos.

## **5. Conclusões**

### **5.1. Introdução**

Esta pesquisa teve como objetivo tornar as inspeções de HLB mais eficientes para que as plantas infectadas não continuem propagando a doença em campo. A partir da AET da atividade de inspeção realizado por Gonçalves (2011), diversos constrangimentos físicos, cognitivos e organizacionais foram identificados, bem como estratégias operatórias para os trabalhadores concluírem com os objetivos estabelecidos na tarefa. Em vista da questão colocada, o foco dessa pesquisa foi no desenvolvimento de um dispositivo como solução técnica para tornar as inspeções mais eficientes.

Metodologicamente foi realizada uma articulação entre AET e Projeto de Engenharia. A AET contribuiu enquanto disciplina integradora das diferentes perspectivas acerca do objeto, o trabalho de inspeção visual de HLB, e permitiu a estruturação e compreensão da problemática situada. Os conhecimentos produzidos em ergonomia da atividade acerca do homem no trabalho orienta a concepção do dispositivo, no entanto, a perspectiva da ergonomia é limitada enquanto ato de projetar, para isso buscou-se referencial no projeto de engenharia para transformar as recomendações ergonômicas em soluções técnicas integradas com os diferentes aspectos que determinam a situação de trabalho. Nesta pesquisa tomou-se como referencial o modelo de Pugh (1996), que trata da articulação entre atividade (do projetista), processos (gestão enquanto coordenação das diferentes perspectivas dos envolvidos em torno das especificações do dispositivo) e contexto (a dimensão estratégica do impacto do HLB para o negócio citrícola).

No processo de projeto, dividido em Projeto Conceitual, Projeto Detalhado e Validação, a perspectiva análise da atividade influencia em todas suas etapas, embora sua atuação tenha sido a princípio na estruturação do problema e elucidação da demanda na fase de Projeto Conceitual. Essa influência sob todas as etapas, através da confrontação entre diferentes perspectivas, se preocupa, por um lado, com a eficácia e eficiência do trabalho, e de outro, com a saúde e conforto do trabalhador.

Balizado nessas diferentes perspectivas, utilizou-se o método quantitativo para coleta e análise dos dados da análise estatística sobre a eficiência da atividade de inspeção, e

qualitativa, relacionada à percepção dos usuários quanto à utilização do dispositivo de ajuda perceptiva por meio de entrevistas semi-estruturadas.

Um ponto de destaque nesta pesquisa também é como se articularam os diferentes atores ao longo do desenvolvimento e avaliação do dispositivo, merecendo assim uma seção nestas conclusões relacionando com a maneira de se fazer inovação.

## **5.2. Considerações acerca do desenvolvimento do dispositivo e dos resultados**

Para a análise da demanda, partiu-se do estudo sobre a atividade de inspeção visual de HLB realizado por Gonçalves (2011) em que são identificados constrangimentos cognitivos relacionados à dificuldade de visualização do sintoma de mosqueamento das folhas ou “ramo amarelo”, e reveladas estratégias operatórias utilizadas pelos inspetores para identificarem plantas candidatas à análise fina de verificação dos sintomas. Também foram apresentados achados importantes sobre outros sinais e sintomas ainda não investigados ou raramente considerados em estudos que visam aumentar a eficiência de identificação da doença no campo, como, por exemplo, a identificação da folha “pontuda” e “empinada” ou o “aspecto plástico” das folhas infectadas.

Quanto aos sistemas técnicos de produção, até a realização do estudo por Gonçalves (2011) não havia na literatura publicações a respeito do desenvolvimento de dispositivos associados ao trabalho de inspeção de HLB e os inspetores, no sentido de melhorar a eficiência da atividade de **detecção** de HLB em campo. Os estudos encontrados até o momento no que se refere à melhoria de eficiência e confiabilidade dos sistemas técnicos são baseados em métodos de **diagnóstico**, visando eliminar a subjetividade do trabalhador.

A partir da confrontação teórica entre os estudos com abordagem no diagnóstico e na detecção, surgiu a reflexão sobre a especificidade da atividade de inspeção visual de HLB. O trabalho de inspeção visual possui uma variabilidade inerente, fomentadas pela carência de organização formal do trabalho, conduzindo ao aparecimento do “saber prático” edificado a partir da experiência e dos conhecimentos adquiridos pelos inspetores durante a atividade.

Este saber prático somado ao processo de tomada de decisão utilizada pelos inspetores em sua estratégia operatória, impõem limitações aos métodos de diagnóstico e automatização da inspeção de HLB, uma vez que não se revelam como “atos maquinais”, mas são regulados de acordo com o surgimento de cenários não estruturados característicos da realidade do

trabalho, portanto o trabalho de inspeção visual de HLB apresenta características únicas não passíveis de serem objetivadas.

Este fato reafirma a necessidade da produção de conhecimento em ergonomia para a concepção do dispositivo aqui projetado, pois este método fornece subsídios à pesquisa para o desenvolvimento de dispositivos que auxiliam na **detecção** de HLB em campo. Assim, a busca da pesquisa foi no sentido de confirmar a premissa de que a utilização de dispositivos desenvolvidos a partir do ponto de vista da atividade pode auxiliar os inspetores de HLB a aumentar sua eficiência na realização do trabalho.

Considerando a visão como principal meio utilizado pelos inspetores para identificar a doença em campo, o desenvolvimento do dispositivo foi direcionado para atuar minimizando dificuldades durante a atividade de inspeção quanto à claridade, reflexo dos raios solares, sombra sobre as folhas, oscilações de direção dos raios solares, e também atuando como um dispositivo de ajuda perceptiva para identificação de “ramo amarelo” durante a fase de procura pelo pé candidato, uma vez que esta característica é essencial na estratégia visual dos inspetores para identificação de HLB. O auxílio perceptivo se dá pela intensificação do contraste entre as cores verde e amarela características do sintoma de mosqueamento das folhas, facilitando assim sua visualização durante as inspeções. Para a intensificação do contraste, foi decidido suprimir a cor verde e destacar a cor amarela, devido à hipersensibilidade do olho humano à cor verde.

Assim, o conceito do dispositivo foi definido como uma lente com filtro de luz adequado para cumprir tais funções, sem restringir os inspetores de utilizarem outras características de sua estratégia visual para identificar HLB em campo, com destaque para os sinais ou sintomas anteriormente desconsiderados ou pouco considerados em estudos para aumentar eficiência de identificação de HLB. O dispositivo mantém o inspetor como centro no discernimento entre HLB e outras doenças e na tomada de decisão a partir de seus conhecimentos, habilidades e competências, sejam elas adquiridas formalmente ou pelo saber prático desenvolvido com a experiência.

A existência de um dispositivo semelhante ao pretendido no mercado, chamado “óculos de detecção de stress em plantas”, foi o ponto de partida para definição de uma curva de transmitância que proporcionasse o efeito desejado especificamente para a identificação do sintoma de mosqueamento das folhas.

A fase de Projeto Detalhado foi um processo de definição do filtro de luz que proporcionasse o efeito desejado e de sua incorporação à lente. O estudo foi inicialmente orientado por uma revisão da teoria de cores, que definiu a cor magenta como ideal para intensificação do contraste entre verde e amarelo, suprimindo a cor verde. No entanto, durante a análise dos diferentes filtros de luz em campo foi verificada melhor adequação de uma coloração diferente da teórica para a especificidade da doença de HLB, a cor fashion pink. Esta diferenciação pode ocorrer, primeiramente pela nomenclatura utilizada pelo fabricante do corante, mas também, se considerar a alteração da coloração das folhas conforme a evolução da doença, de forma que a cor verde teórica não corresponde exatamente à cor verde da doença em todos os seus estágios. A definição de uma cor para o filtro de luz é uma limitação do dispositivo em relação à alteração da coloração das folhas com a evolução da doença e será abordada posteriormente junto com as demais limitações da pesquisa.

A incorporação do filtro de luz à lente e manufatura ou, neste caso, fabricação de protótipo, foi obtida por meio de um trabalho de cooperação com uma indústria fabricante de lentes ópticas corretivas da cidade de São Carlos/SP. O que se pode concluir deste processo foi a falta de definição de parâmetros de fabricação para se obter o filtro de luz desejado, tornando empírico o processo de ajuste fino da coloração. Devido ao campo de aplicação do dispositivo ter foco na inspeção visual de HLB, a pesquisa aqui conduzida se restringiu à determinação inicial do filtro de luz adequado à aplicação durante a atividade, portanto a discussão a respeito da obtenção da lente e parâmetros de fabricação fica como indicações a serem exploradas em maior profundidade em pesquisas futuras.

O resultado do processo de projeto de um dispositivo desenvolvido a partir da Análise Ergonômica do Trabalho é, por fim, a materialização das recomendações do ergonomista no sentido de atender a demanda. Portanto, a validação do dispositivo é também a validação da atividade do projetista sob os preceitos da ergonomia. Assim, somente após o processo de validação do dispositivo proposto que se pôde tentar verificar se o desenvolvimento de produtos a partir do ponto de vista da atividade pode realmente auxiliar a tornar as inspeções visuais de HLB mais eficientes.

A fase de validação do dispositivo ocorreu em duas instâncias. A primeira refere-se à validação pelos trabalhadores, portanto a confrontação das interpretações dos inspetores sob os critérios de saúde e conforto, sem desconsiderar produtividade e qualidade do trabalho. E a

segunda está relacionada ao caráter da ergonomia como integradora dos conhecimentos de diferentes áreas, portanto esta etapa de validação visa retornar os conhecimentos produzidos a seus “meios” de conhecimento. No caso desta pesquisa o “meio” de conhecimento referem-se à validação pelos pares da área da citricultura quanto ao impacto da eficiência de inspeção.

A respeito da validação pelos atores, os resultados obtidos são dados qualitativos das entrevistas semi-estruturadas realizadas com os inspetores, a partir de questionários de percepção que avaliaram diversas dimensões a respeito do trabalho de inspeção. Quanto à segurança e proteção mecânica, os resultados demonstram percepção positiva dos inspetores com relação à utilização de óculos de maneira geral, inclusive para os óculos branco “placebo”. No entanto o dispositivo proposto tem destaque comparativamente aos óculos branco “placebo” em relação a seu propósito de ajuda perceptiva. Os inspetores demonstram que o dispositivo proposto atende à demanda por conforto visual e proteção contra claridade e incidência dos raios solares, fato verificado pelas verbalizações registradas. Além disso, verificou-se também boa aceitação dos trabalhadores quanto à percepção de produtividade e qualidade do trabalho, demonstrados na percepção de maior facilidade de visualização da folha mosqueada e relativa sensação de maior quantidade de identificação da doença.

Quanto à etapa de validação pelos pares, buscou-se traduzir o conhecimento gerado pela intervenção ergonômica para ser interpretada pela área de origem do problema, a citricultura. Para isso foi realizado análises quanto à eficiência de inspeção por métodos estatísticos de, ao todo, 24 áreas e 40 inspetores. Os pares avaliadores são representantes da área da citricultura, como engenheiros agrônomos do Fundecitrus e de empresas citrícolas. As análises demonstraram que a utilização do dispositivo desenvolvido a partir do ponto de vista da atividade não possibilitou maior eficiência na identificação de HLB. No entanto, outra conclusão importante é que a utilização do dispositivo também não atrapalha as inspeções visuais de HLB, ou seja, a utilização do dispositivo não acarreta em uma redução da eficiência da inspeção. Portanto, confrontando os resultados da percepção dos inspetores com a validação pelos pares relativa à eficiência, verifica-se que o dispositivo proposto atende parcialmente ao problema de detecção de HLB em campo, uma vez que apresenta melhora do ponto de vista de qualidade, bem estar e conforto dos trabalhadores, apesar de não representar aumento da eficiência das inspeções.

Além da melhoria das condições de trabalho de inspeção verificada nesse estudo, outra vantagem da utilização do dispositivo é que, ao ser oferecido aos inspetores como opção de utilização, possibilita a ampliação da margem de regulação dos trabalhadores, permitindo assim a adoção de maior quantidade de modos operatórios.

A respeito da tarefa, a discussão traz à tona a dificuldade de visualização dos sintomas de HLB devido à falta de conhecimento formal e treinamentos que atendam à necessidade dos inspetores. Assim, recomenda-se aqui o desenvolvimento de treinamentos prévios à inspeção que atendam pontualmente às necessidades com a utilização do dispositivo de ajuda perceptiva, apresentando plantas com e sem sintomas para dar aos inspetores uma primeira noção sobre a nova tarefa e assim esclarecer melhor como os sintomas ficam com a utilização do dispositivo. No entanto, sendo os treinamentos novas prescrições, não tornarão a atividade igual à prescrição, pelo contrário, com a formalização do saber prático dos inspetores através do treinamento, outras variabilidades surgirão, levando à necessidade de novas prescrições. Isso está no cerne do pressuposto da ergonomia relativo à distância irreduzível entre trabalho prescrito e trabalho real.

Ao assumir a distância irreduzível entre trabalho prescrito e trabalho real evidencia-se também a existência das variabilidades e a necessidade de mobilização subjetiva do sujeito que trabalha. No caso da utilização do dispositivo de ajuda perceptiva, além da variabilidade intrínseca entre pessoas diferentes, com habilidades, competências e experiências diferentes, existem também variações das condições de realização da atividade, como a alteração da coloração da folha mosqueada conforme a evolução da doença, as diferentes condições meteorológicas do dia, podendo haver tempo nublado, ensolarado ou chuvoso, posicionamento do sol, níveis de luminosidades diferentes e outras que demonstram o caráter não estruturado da atividade de inspeção.

Esta pesquisa verificar que a utilização do dispositivo de ajuda perceptiva traz melhora no que se refere à qualidade, bem-estar e conforto visual para os inspetores, no entanto, as falhas ou “escapes” continuam ocorrendo. A explicação para isso é que, embora nesta pesquisa tenha sido dado maior enfoque aos constrangimentos cognitivos relacionados à visão e dificuldade de visualização dos sintomas, as cargas de trabalho atuam de forma integrada em todas as suas dimensões físicas, cognitivas e organizacionais, mantendo certos constrangimentos aos

trabalhadores, conseqüentemente dificultando a atividade de inspeção. Um deles é o constrangimento organizacional relacionado às metas diárias de produtividade e a remuneração variável dos inspetores. Conforme já explorado, pode haver diversos motivos para surgimento de “ramos amarelos”, no entanto o inspetor não pode parar em todo ramo amarelo que encontrar, porque um número muito grande de paradas gera perda de produtividade e maior dificuldade de cumprir com a meta, o que pode acarretar ao inspetor perda de parte da remuneração variável. Assim na fase de busca pelo pé candidato há uma regulação dos inspetores na quantidade de solicitações de parada do trator para Análise Fina dos sintomas. Acredita-se que com a utilização do dispositivo de ajuda perceptiva os inspetores visualizem maior quantidade de ramos amarelos que a inspeção como é realizada atualmente, no entanto, o constrangimento em relação ao cumprimento das metas permanece, fazendo com que os inspetores continuem regulando as solicitações de paradas do trator ou solicitando ao tratorista que aumente a velocidade ao perceberem que estão distantes de cumprir com a meta. Ambas possibilitam a ocorrência de falhas ou escapes. A sugestão acerca desta questão é de se repensar metas com base no tempo investido por cada parada e não no total de plantas inspecionadas por dia.

Do ponto de vista metodológico, assim como a AET apresenta limites no que se refere ao processo projetual, buscando referencial em modelos de Projeto de Engenharia, os modelos estatísticos também apresentam limites quanto às relações entre as diversas variáveis não controláveis e as intrincadas relações entre os aspectos físicos, cognitivos e organizacionais associadas à variabilidade do trabalho de inspeção. No entanto, a combinação da análise quantitativa, fornecida pelos modelos estatísticos, com a análise qualitativa de percepção, é considerada adequada, pois possibilitam a confrontação da perspectiva relacionada à eficiência e produtividade de inspeção com a perspectiva de bem-estar e conforto do trabalhador e juntas apoiam a avaliação da ação ergonômica. A integração entre estas lógicas contraditórias de saúde e segurança de um lado, e qualidade e produtividade de outro, é uma das dificuldades da implementação de uma ação ergonômica, concordando com o pressuposto de um processo continuado de confrontação.

### **5.3. Considerações sobre as dificuldades na realização dos experimentos**

Ao decorrer do estudo diversas dificuldades surgiram na realização dos experimentos. Esta seção se dedica a sintetizar estas dificuldades e propor soluções com o intuito de prover uma contribuição a possíveis interessados em realizar experimentos similares no futuro.

A primeira dificuldade verificada foi na realização do pré-teste, com relação a talhões com alta incidência de HLB. Verificou-se que talhões com grande severidade de infestação aliadas a alta deficiência nutricional e grande presença de sintomas de outras doenças, influenciam significativamente nos resultados, porque aumentam a variabilidade da atividade. A sugestão é escolher talhões onde exista alto nível de controle da doença.

Uma consideração importante é evitar que a evolução dos sintomas tenha influência nos resultados. Para isso é necessário inspecionar a área avaliada no menor intervalo de tempo possível entre os diferentes tratamentos. Sugere-se dividir cada área de avaliação em três sub-áreas menores de forma a tornar a permutação entre equipes e sub-áreas mais rápida, possibilitando assim menor influência da evolução dos sintomas. Um exemplo desta divisão foi descrito no Segundo experimento de validação. Caso mais de uma área seja avaliada, áreas A, B e C, por exemplo, este procedimento deve ser replicado para cada uma das áreas. Neste caso, outra vantagem deste procedimento é também a liberação mais rápida de cada área para a erradicação das plantas infectadas.

A segunda dificuldade foi identificada no primeiro experimento de validação, realizado na Faz. Cambuhy, quanto à retirada de fitas entre cada período de inspeção. Com isso, os dados obtidos em cada período de avaliação representaram o número de plantas que cada equipe identificou a mais que a equipe anterior. Este tipo de análise traz dificuldades para avaliar o impacto do dispositivo, porque a amostragem fica condicionada à eficiência da inspeção no período anterior, uma vez que a cada período o número de plantas sintomáticas de cada área analisada diminui, portanto a comparação entre os diferentes tratamentos fica comprometida. Para evitar isso, sugere-se realizar experimentos retirando a marcação com fitas entre cada período de inspeção, de forma que em cada período todos os tratamentos terão as mesmas condições iniciais que o anterior, conforme foi realizado nos experimentos 2, 3 e 4.

Uma das preocupações na realização dos experimentos é saber se os inspetores identificaram as mesmas plantas, por isso a importância da marcação das plantas. Considerando a marcação

de plantas por fitas, a dificuldade está na retirada das fitas entre cada período de inspeção. Uma forma utilizada no Segundo experimento de validação foi, ao se retirar a fita, realizar a marcação da posição de cada pé identificado com um GPS de precisão. No entanto, houve grandes dificuldades para realizar esta marcação devido ao tempo de execução, muitas vezes por indisponibilidade de sinal de GPS, principalmente em dias nublados.

Para superar estas dificuldades, sugere-se uma forma de marcação em Planilha de Inspeção, conforme Anexo C. Nesta planilha o inspetor marca o sentido de entrada no talhão, enumera as ruas e conta o número de plantas inspecionadas com ajuda de um contador manual. Esta técnica facilita, por um lado, na realização do experimento, pois não necessita retirada de marcação das plantas entre os períodos de avaliação. Por outro lado, falhas na contagem do número de plantas dificultam a verificação se diferentes equipes de inspeção realmente identificaram as mesmas plantas. Este tipo de falha se torna maiores em talhões plantados em nível em que as ruas não são paralelas, apresentando bifurcações atrapalham a contagem de ruas e de plantas. Uma sugestão com relação a esta dificuldade é escolher para a realização do experimento talhões com o máximo de ruas paralelas ou “esquadrejados”, que facilitam a contagem. Nesta pesquisa este procedimento foi adotado no Quarto experimento de validação.

Outra questão interessante de ser considerada na realização dos experimentos é a confirmação de HLB nas plantas identificadas pelos inspetores. A confirmação pode ser realizada por meio de análise de severidade feita por uma equipe especializada, do Fundecitrus, por exemplo, ou por coleta de folhas e diagnóstico de HLB pelo método PCR (*Polymerase Chain Reaction*) em laboratório. Nesta pesquisa não foi possível realizar análise de severidade e a coleta de amostras para PCR foi feita apenas no Quarto experimento de validação, no entanto os resultados não são contemplados neste trabalho, ficando como dados a serem explorados no futuro. A dificuldade de realização da confirmação pode ser disponibilidade de técnicos capacitados para a realização da análise de severidade e custo para as análises por PCR.

Algumas dificuldades enfrentadas durante a realização dos experimentos são, até o momento, intrínsecas à atividade de inspeção de HLB e, apesar de tentativas, continuam sem respostas. De qualquer forma são apresentadas aqui para reflexão: Variabilidade entre equipes e entre inspetores.

Para tentar minimizar este efeito, foi pensado um experimento em que o mesmo inspetor ou a mesma equipe, realize a inspeção passando três vezes, cada uma com um tratamento

diferente, no mesmo talhão. Acredita-se que os inspetores não memorizem exatamente quais plantas foram identificadas anteriormente, no entanto também acredita-se que o inspetor pode ter uma noção prévia do nível de infestação do talhão, influenciando na maior ou menor atenção despendida, o que pode tornar o experimento enviesado.

Outra questão que tem efeito sobre a variabilidade entre inspetores relacionada à dificuldade de realização dos experimentos é a susceptibilidade à variação das condições climáticas, já que cada inspetor pode ter maior ou menor facilidade de trabalhar com determinadas condições. Nos experimentos realizados nesta pesquisa foi importante considerar as diversas condições climáticas, independente da presença de sol, chuva ou tempo nublado, porque assim analisamos o trabalho real, ou seja, nas condições que os inspetores realmente enfrentam no dia-a-dia. No entanto, ainda não se tem resposta para uma forma de realizar experimentos que avaliem de forma assertiva do impacto do dispositivo de ajuda perceptiva em função das condições climáticas.

Uma sugestão deixada para minimizar a influência da variação do sol, é realizar experimentos em talhões com plantio no sentido Leste-Oeste, de forma que o sol ficaria sempre a frente, em cima ou atrás dos inspetores, tanto em inspeções com plataformas quanto inspeções a pé. Seria também uma tentativa de reduzir as sombras sobre as plantas.

Outro ponto é a respeito do tempo de adaptação necessário com o dispositivo de ajuda perceptiva. Embora os inspetores tenham manifestado que, quando necessário, o tempo utilizado entre 1,5 e 2 dias tenha sido suficiente, este é um parâmetro a ser explorado. Uma análise interessante neste sentido seria deixar os inspetores utilizarem o dispositivo por um longo período de tempo, da ordem de meses, e posteriormente realizar a avaliação de volta à inspeção como é realizada atualmente, sem o dispositivo. Com isso poderia ser verificada a percepção e eficiência dos inspetores após se habituarem à utilização do dispositivo.

O processo de projeto desta pesquisa resultou em um dispositivo técnico que atende parcialmente ao problema de detecção de HLB, no entanto isso não garante que a solução será implementada. Por isso, testes em larga escala se fazem interessantes no sentido de ampliar a avaliação e também no sentido de difundir os resultados do projeto.

#### **5.4. Considerações sobre a mobilização dos atores sociais**

Durante a realização desta pesquisa foi necessário um grande esforço dos pesquisadores do PSPLab na coordenação do processo de desenvolvimento, articulando organizações com interesses diferentes acerca do problema apresentado. O PSPLab, enquanto laboratório da Universidade, tem interesse em produzir conhecimento acerca do problema. A Embrapa Instrumentação Agropecuária, em apoiar o desenvolvimento de soluções para a agricultura. O Fundecitrus, no controle de HLB e proteção fitossanitária do setor citrícola como um todo. As empresas citrícolas estão preocupadas em reduzir as perdas devido ao HLB de forma economicamente viável. E a fábrica de lentes ópticas corretivas interessa-se na comercialização de produtos.

A pesquisa buscou integrar os conhecimentos dos diferentes atores conforme as necessidades foram surgindo ao decorrer do desenvolvimento e este processo de coordenação entre atores de diferentes interesses não é trivial. Cada uma das organizações possui políticas e procedimentos próprios, são instituições públicas e privadas com propósitos distintos em relação ao desenvolvimento da pesquisa, de forma que as abordagens de negociação de parcerias e trabalhos de cooperação devem utilizar lógicas diferenciadas caso a caso conforme cada interesse.

Espera-se que a elucidação a respeito de como diferentes atores podem ser mobilizados em torno do desenvolvimento de dispositivos técnicos de produção, venha a contribuir como referência de uma forma de fazer inovação em futuros desenvolvimentos.

#### **5.5. Limitações do estudo e pesquisas posteriores**

Esta pesquisa teve intuito de desenvolver um dispositivo de ajuda perceptiva para facilitar os inspetores a realizar a atividade de detecção de plantas com HLB em campo. Para isso o foco dos estudos foi posicionado sobre a lente, por considerar que este componente cumpre com a funcionalidade de destacar a principal característica buscada pelos inspetores em sua estratégia operatória, o ramo amarelo.

Nesse sentido, a primeira lacuna não contemplada nessa pesquisa refere-se à coloração da lente. Sabe-se que existe uma grande variedade de tons de amarelo em plantas de citros devido à evolução dos sintomas de HLB, sintomas de outras doenças, deficiência nutricional ou brotações. Em contraposição a este caráter dinâmico dos meios orgânicos, a lente

apresenta uma forma estática, aqui representada pela coloração única que define o comportamento específico do filtro de luz, o que coloca limitação ao dispositivo em relação à doença.

O dispositivo apresenta outra limitação ao destacar determinados tons de amarelo independente se a causa é HLB ou as demais citadas acima, ficando aqui como sugestão de pesquisas futuras. No entanto, vale ressaltar que esta característica do dispositivo é também um dos seus pontos fortes ao prevalecer o conhecimento do inspetor no discernimento e tomada de decisão, sendo, inclusive, o motivo pelo qual se decidiu seguir o projeto no caminho da detecção em contraposição às técnicas de diagnóstico.

Se entende também que há necessidade de maior exploração da subjetividade do trabalho de inspeção, pois por vezes se esbarra nas dificuldades de compreender o que os inspetores realmente enxergam nas plantas, visto que só é verbalizado o que é passível de verbalização, ou seja, um saber articulado e não o saber-fazer em si.

Outra limitação é o estudo de aplicações a serem avaliadas com relação aos diferentes formatos e design que a lente pode assumir, seja em óculos de proteção individual, viseiras adaptadas à atividade de inspeção ou outras.

A introdução de um novo artefato técnico no processo de trabalho abre uma série de possibilidades de estudos futuros acerca da utilização do dispositivo ou de aprimoramento do mesmo para as inspeções visuais de HLB. Espera-se, portanto, que as contribuições dos conhecimentos produzidos desta pesquisa, bem como as dificuldades enfrentadas na realização dos experimentos, sirvam como referência para trabalhos futuros no sentido de proporcionar melhorias na atividade de inspeção de HLB, possibilitando melhor controle da doença e conseqüentemente reduzir as perdas deste importante setor da economia.

Com relação à continuidade, vislumbra-se a possibilidade de replicação do mesmo processo de desenvolvimento aplicado a diferentes doenças da citricultura que utilizam inspeções visuais como forma de controle, como é o caso do cancro cítrico, ou mesmo em outros setores da agricultura.

## 6. Referências bibliográficas

ABRAHÃO, J.; SNELWAR, L.; SILVINO, A.; SARMET, M.; PINHO, D. Método. In: \_\_\_\_\_. Introdução à ergonomia: da prática à teoria. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

ABRAHÃO, J.I.; SILVINO, A.M.D.; SARMET, M.M. Ergonomia, cognição e trabalho informatizado. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v.21, n.2, p.163-171, mai-ago 2005.

ALEIXOS, N; BLASCO, J; NAVARRÓN, F; MOLTÓ, E. Multispectral inspection of citrus in real-time using machine vision and digital signal processors. *Computers and Electronics in Agriculture* 33(2), 121-137, 2002.

BASSANEZI, RB; MONTESINO, LH; BUSATO, LA; STUCHI, ES. Damages caused by huanglongbing on sweet orange yield and quality in São Paulo. *Proceedings of the Huanglongbing-Greening International Workshop*. Ribeirão Preto SP. p. 39, 2006a.

BASSANEZI, R.B; MONTESINO,L.H; MOTTA R.R. Effect of inspected sample size on the detection efficiency of blocks with huanglongbing. *Proceedings o Huanglongbing-Greening International Workshop*, Ribeirão Preto SP. p. 93, 2006b.

BASSANEZI, R.B.; LOPES, S.A.; BELASQUE JR, J.; SPÓSITO, P.T.Y.; MIRANDA, M.P.; TEIXEIRA, D.C.; WULFF, N.A. Epidemiologia do huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. *Citrus: Research & Technology*, Cordeirópolis, v.31, p.11-24, 2010.

BELASQUE JR, J.; GASPAROTO, M.C.G.; MARCASSA, L.G. Detection of mechanical and disease stress in citrus plants by fluorescence spectroscopy. *Applied Optics* 47 (11), 1922-1926, 2008.

BELASQUE JR, J.; BERGAMIN, F.A.; BASSANEZI, R.B.; BARBOSA, J.C.; FERNANDES, N.G.; YAMAMOTO, P.T.; LOPES, S.A.; MACHADO, M.A.; LEITE-JUNIOR, R.P.; AYRES, A.J.; MASSARI, C.A. Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de huanglongbing (HLB, greening) visando o controle efetivo da doença. *Tropical Plant Pathology* 34 (3) p.137-145, 2009a.

BELASQUE JR, J.; FERNANDES N.J.; MASSARI C.A. O Sucesso da Campanha de Erradicação do Cancro Cítrico no Estado de São Paulo, Brasil. *Summa Phytopathol., Botucatu*, v. 35, n. 2, p. 91-92, 2009b.

BELASQUE JR, J.; BARBOSA, J.C.; MASSARI, C.A.; AYRES, A.J.. Incidência e distribuição do huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. *Citrus: Research & Technology*, Cordeirópolis, v.31, p.1-10, 2010a.

BELASQUE JR, J.; YAMAMOTO, P.T.; MIRANDA, M.P.; BASSANEZI, R.B.; AYRES, A.J.&BOVÉ, J.M. Controle do huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. *Citrus Research & Technology*, Cordeirópolis, v.31, n.1, p.53-64, 2010b.

BLASCO, J.; ALEIXOS, N.; GÓMEZ, J.; MOLTÓ, E. Citrus Sorting by identification of the most common defects using multispectral computer vision. *Journal of Food Engineering* 83 (3), 384-393, 2007.

BOTEON, M; PAGLIUCA, L.G. Análise da sustentabilidade econômica da citricultura paulista. *Citrus Research & Technology*, Cordeirópolis, v. 31, n.2, p.101-106, 2010.

BOVÉ, J.M. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*, Pisa, v.88,n.1, p.7-37. 2006.

BROCK, R.J. Stress Detection Glasses, History and Additional Information, *Advanced Optical Technology/Optical Sales Co. Publication*, Oregon, 2002.

BROSNAN, T.; SUN, D.W. Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems-a review. *Computers and Electronics in Agriculture* (36), p.193-213, 2002.

BUCCIARELLI, L.L., *Designing engineers*. London: MIT Press, 1994.

CAMARGO, R.L.B; YALY, M.C.; MALOSSO, A.; COLLETA-FILHO, H.D.; MACHADO, M.A. Avaliação de diferentes genótipos de citros à infecção por *Candidatus Liberibacter asiaticus*. *Citrus: Research & Technology*, Cordeirópolis, v.31, p.85-91, 2010.

CHEN, Y.R.; CHAO, K.; KIM, M.S. Machine vision technology for agricultural applications. *Computers and Electronics in Agriculture* (36), 173-191, 2002.

CLAUSING, D., *Total Quality Development: A Step-by-Step Guide to World-Class Concurrent Engineering*. New York: ASME, 1994.

CLAUSING, D.; ANDRADE, R.S. (Orgs.) *Creating Innovative Product Using Total Design*. Addison-Wesley, 1996.

CLOT, Y. *Le travail sans l'Homme*. Paris, La Découverte, 1995.

COLETTA-FILHO, H.D.; TAGON, M.L.P.N.; TAKITA, M.A.; DE NEGRI, J.D.; POMPEU-JÚNIOR, J.; CARVALHO, A.S.; MACHADO, M.A. First report of the causal agent of Huanglongbing (“*Candidatus Liberibacter asiaticus*”) in Brazil. *Plant Disease* (88) p.1382, 2004.

COLETTA-FILHO, H.D.; CARLOS, E.F. Ferramentas para diagnóstico de Huanglongbing e detecção de agentes associados: dos sintomas aos ensaios de laboratório. *Citrus Research & Technology, Cordeirópolis*, v. 31, n.2, p.129 – 143, 2010.

CYBIS, Walter; BETIOL, Adriana Holtz; FAUST, Richard. Fundamentos da psicologia cognitiva. In:\_\_\_ *Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, Métodos e Aplicações*. 2 ed. São Paulo: Novatec, 2010. p. 374-408.

DA GRAÇA, J.V. Citrus greening disease. *Annual review Phytopathol* (29) 109-136, 1991.

DANIELLOU, F. *A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004b.

DANIELLOU, F. *A ergonomia na condução de projetos de concepção de sistemas de trabalho*. In: FALZON, P. *Ergonomia*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004a, Cap. 21.

DEJOURS, C.O. *Epistemologia concreta e ergonomia*. In: Daniellou, F. (Org.). *A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

DEJOURS, C. *O fator humano*. Rio de Janeiro: FGV, 2002.

DUARTE, F.J.C. (org.) *Ergonomia e Projeto na Indústria de Processo Contínuo*; Ed. Lucerna, 2002.

ESTORILIO, C. *O trabalho dos engenheiros em situações de projeto de produto: uma análise de processo baseada na ergonomia*. 2003. 317 P. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.

FUKUDA, L.A.; FRANCO, D.; FACIO, S.L.; NETO, R.S.L. Sustentabilidade econômica da citricultura perante o huanglongbing. *Citrus Research & Technology*, Cordeirópolis, v. 31, n.2, p. 107 – 114, 2010.

FUNDECITRUS verifica 58,7 mi de plantas: Ação foi feita em 10,4 mil propriedades de 211 municípios em um ano. *Revista do Fundecitrus – Fundo de Defesa da Citricultura*, Araraquara-SP n. 147, p.14, set/out 2008.

FUNDECITRUS – FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA. Manual Técnico de greening. Disponível em <[HTTP://fundecitrus.com.br/manuais.html](http://fundecitrus.com.br/manuais.html)>. Acesso em 10 jan. 2010.

FUNDECITRUS – FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA. Notícia: 7,2 milhões de plantas são arrancadas por causa do greening em 2012. Disponível em <<http://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/12-72-milhoes-de-plantas-sao-arrancadas-por-causa-do-greening-em-2012>>. Acesso em 25 jun. 2013.

GARRIGOU A., DANIELLOU F., CARBALLEDA G., RUAUD S., Activity Analysis in Participatory Design and Analysis of Participatory Design Activity, *International Journal of Industrial Ergonomics* 15, 1995.

GONÇALVES, G. H. Estratégias operatórias dos inspetores de HLB de uma propriedade citrícola no interior do Estado de São Paulo. 2011. 165p. Dissertação (Mestrado). PPGEP/Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, Dezembro, 2011.

GOTTWALD, T.R; DA GRAÇA, J.V.; BASSANEZI, R.B. Citrus huanglongbing: the pathogen and its impact. *Plant Health Progress* (6), 2007.

GRAVENA, S.; GRAVENA, R.; SILVA J.S.; SILVA, M.T.F.; BENVENGA, S.R.; AMORIM, L.C.S; HORTO, L.R.G. Efeitos fisiológicos do inseticida pyriproxyfen no controle do psíldeo dos citros em laranjeiras doce. *Citrus: Research & Technology*, Cordeirópolis, v.31, p.145-154, 2010.

GUÉRRIN, F.; LAVILLE, A.; DANIELLOU, F.; DURAFFOURG, J.; KERGUELEN, A. A construção da ação ergonômica. In: \_\_\_\_\_. *Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia*. São Paulo: Ed. Edgar Blücher, 2001.

HALBERT, S.E. The discovery of huanglongbing in Florida. *Proceedings 2nd International Citrus Canker and Huanglongbing Research Workshop*, Orlando FL. p.50. H-3, 2005.

HEID, C.A.; STEVENS, J.; LIVAK, K.J.; WILLIAMS, P.M.; Real time quantitative PCR. *Genome Research* (6) p.986-994, 1996.

HUBAULT, F. Do que a ergonomia pode fazer análise? In: Daniellou, F. (Org.). *A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. p. 105 - 140.

INSPEÇÃO eficiente: Vistorias que utilizam plataformas facilitam trabalho de detecção do greening. *Revista do Fundecitrus – Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara-SP* n. 147, p. 14, set/out 2008.

IREY, M.S.; GAST, T.; GOTTWALD, T.R. Comparison of visual assessment and polymerase chain reaction assay testing to estimate the incidence of the Huanglongbing pathogen in commercial Florida citrus. *Proceedings of Florida State Horticultural Society* (119) 89-92, 2006.

LIMA, F.P.A.; SILVA, C.A.D; A objetivação do saber prático na concepção de sistemas especialistas: das regras formais às situações de ação. In: DUARTE, F. (Org); *Ergonomia & projeto na indústria de processo contínuo*. Rio de Janeiro: Editora Y. H. Lucerna LTDA, 2002.

LIN, Kung Hsiang; LIN, Kung Hsun. The citrus Huang lung Bin (greening) disease in China. *Acta Phytopathologica Sinica*, Vol. II, Part I, No. I, pp. I-II and Part 2, pp. 14-48, 1956.

MACHADO, M.A.; LOCALI-FABRIS, E.C.; COLETTA-FILHO, H.D. Candidatus Liberibacter spp., agentes do huanglongbing dos citros. *Citrus: Research & Technology, Cordeirópolis*, v.31, p.25-36, 2010.

MARCASSA, L.G.; WETTERICH, C.B.; BELASQUE JR, J . Fluorescence imaging spectroscopy applied to citrus diseases. In: 10th International Conference on Precision Agriculture, 2010, Denver. 10th International Conference on Precision Agriculture, 2010.

MARCASSA, L.G.; GASPAROTO, M.C.G.; BELASQUE JR, J.; LINS, E.C., DIAS NUNES, F.; BAGNATO, V.S. Fluorescence spectroscopy applied to Orange trees. *Laser physics* 16 (5), 884-888, 2006.

MENEGON, N. L. Implementação de um programa de ergonomia de uma empresa de construção e montagem de aeronaves. IEA 2006 – 16º Congresso da Associação Internacional de Ergonomia. 10 a 14 de julho de 2006 / Maastrich, Holanda.

MENEGON, N. L. Projeto de processos de trabalho: o caso da atividade do carteiro. 2003. 259 p. Tese (Doutorado em Produto). COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2003.

MILORI, D. A citricultura em risco – O pesadelo da Greening. 2008. Disponível em <http://www.agrosoft.org.br/agropag/103543.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

MOURÃO FILHO, F.A.A.; STIPP, L.C.L.; MENDES, B.M.J. Perspectivas da produção e utilização de transgênicos para o controle do Huanglongbing. *Citrus: Research & Technology, Cordeirópolis*, v.31, p.92-100, 2010

MOREIRA, Marco Antonio. Modelos mentais. Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino e de Ciência, v1(3), 1996, Belo Horizonte. Proceedings... Belo Horizonte: UFMG, 1997. P.193-232.

NEVES, M. F. ; TROMBIN, V. G. ; MILAN, P. ; LOPES, F. F. ; PEREIRA, F. C. ; KALAKI, R. B. . O Retrato da Citricultura Brasileira. 1. ed. Ribeirão Preto: , 2010. v. 1. 137.

PARRA, J.R.P.; LOPES, J.R.S.; TORRES, D.EN.; PAIVA, P.E.B. Bioecologia do vetor, *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao Huanglongbing. *Citrus: Research & Technology, Cordeirópolis*, v.31, p.37-52, 2010.

PAHL, F.; BEITZ, W., 1996, *Engineering design: a systematic approach*. 2.ed. Springer, London. 544p.

PEDROSA, Israel. Da cor à cor inexistente, Universidade de Brasília, 3.ed., Brasília, UnB, 1982.

PEDROSA, Israel. O Universo da Cor. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2008.

PEREIRA, F.M.V.; MILORI, D.M.B.P. Investigation of the stages of citrus greening disease using micro synchrotron radiation X-ray fluorescence in association with chemometric tools. *Journal Analytical Atomic Spectrometry*, v.25, p.351-355, 2010.

PIZO, C.A.; MENEGON, N.L. Análise Ergonômica do trabalho e o reconhecimento científico do conhecimento gerado. *Produção*, v.20, n.4, p. 657-668, 2010.

PUGH, S., MORLEY, I.E., 1986. The organisation of design: An interdisciplinary approach to the study of people, process and contexts. In: CLAUSING, D.; ANDRADE, R.S. (Orgs.) Creating Innovative Product Using Total Design. Addison-Wesley, 1996.

PUGH S. Total Design: Integrated Methods for successful product engineering. Addison-Wesley, 1990.

PUGH, S., Design Activity Models: Worldwide Emergence and Convergence. In: CLAUSING, D.; ANDRADE, R.S. (Orgs.) Creating Innovative Product Using Total Design. Addison-Wesley, 1996.

SANKARAN, S; MISHRA, A; EHSANI, R; DAVIS, C. A review of advanced technics for detecting plant diseases. Computer and Eletronics in Agriculture. 72, 1-13, 2010.

SKOOG, D.A.; HOLLER, F.J.; NIEMAN, T. Princípios de análise instrumental. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

TEIXEIRA D.C.; DANET J.L.; EVEILLARD S.; MARTINS E.C.; JESUS JUNIOR W.C.; YAMAMOTO P.T.; LOPES A.S.; BASSANEZI R.B.; AYRES A.J.; SAILLARD C.; BOVÉ J.M. Citrus hanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the ‘Candidatus’ Liberibacter species associated with the disease. Molecular and Cellular Probes (19) p.173-179, 2005.

TEIXEIRA, D.C.; WULFF, N.A., LOPES, P.Y.; YAMAMOTO, P.T.; MIRANDA, M.P.; SPÓSITO, M.B. BELASQUE JR, J.; BASSANEZI, R.B. Caracterização e etiologia das bactérias associadas ao huanglongbing. Citrus: Research & Technology, Cordeirópolis, v.31, p.115-128, 2010.

TERSAC, G.; MAGGI, B. O trabalho e a abordagem ergonômica. In: DANIELLOU, F. (Org.). A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos. São Paulo: Edgard Blücher, 2004, p. 79-104.

TERSI, F.A. Experiência no manejo de Huanglongbing (HLB) – Greening no Brasil, Jaboticabal SP, 2008.

TERSI, F.A. Convivendo com o Huanglongbing: visão do setor produtivo. Citrus Research & Technology, Cordeirópolis, v. 31, n.1, p.75-84, 2010.

THIOLLENT, M., 1997, Metodologia de Pesquisa-Ação. Editora Cortez. 8.ed.

TOSETTO, T. Ergonomia e projeto no contexto do programa de ergonomia de uma indústria aeronáutica: descontinuidade sem ruptura. 2009. 129 p. Dissertação (Mestrado). – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 2009.

VIDAL, M.C.R., Guia para análise ergonômica (AET) na empresa. Rio de Janeiro: Virtual Científica, 2003.

WISNER, A. Questões epistemológicas em ergonomia e em análise do trabalho. In: Daniellou, F. (Org.). A ergonomia em busca de seus princípios: debates epistemológicos. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. p. 30-53

WISNER, A., 1994, A inteligência no trabalho: textos selecionados de ergonomia. FUNDACENTRO, São Paulo. 191p.

## **APÊNDICES**

### **Apêndice A – Questionário de Entrevista semi-estruturada**





## ANEXOS



Anexo A - Minuta do Convênio Técnico entre UFSCar e Embrapa.

### CONVÊNIO TÉCNICO

*CONVÊNIO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA QUE ENTRE SI  
CELEBRAM A EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA  
AGROPECUÁRIA – EMBRAPA E A UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
SÃO CARLOS - UFSCar.*

A **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA** – Embrapa, empresa pública federal, vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, instituída por força do disposto na Lei nº 5.851, de 07.12.72, Estatuto aprovado pelo Decreto nº 2.291, de 04.08.97, por intermédio de sua Unidade: Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária - CNPDIA, em São Carlos – SP, inscrita no CNPJ sob o n.º 00.348.003/0112-36, situada na Rua XV de Novembro, 1452, Centro, CEP 13561-160, neste ato representada pelo seu Chefe Geral, Dr. Luiz Henrique Caparelli Mattoso, casado, engenheiro de materiais, RG n.º 12.817.165 SSP/SP, e CPF n.º 071488758-70, e de outro lado a **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**, doravante designada simplesmente UFSCar, Órgão/Entidade da Administração Pública Federal, inscrito(a) no CNPJ/MF sob o nº 45.358.058/ 0001-40, sediada em São Carlos / SP, Endereço: Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310, CEP 13565-905, doravante designada simplesmente Concedente, neste ato representado por seu Reitor, nome: Prof. Dr. Targino de Araújo Filho,

nacionalidade: brasileira , estado civil: casado, profissão: Professor Universitário, portador da Cédula de Identidade RG- 6.591.082 Órgão expedidor: SSP/SP, data de expedição: 30/05/1972, e do CPF nº 020.111.718/57, residente e domiciliado em São Carlos / SP , endereço: Rua Célio Barbosa da Silva, 200, Bairro Santa Paula; têm entre si justo e acertado o que se segue, de acordo com as cláusulas e condições abaixo:

#### CLÁUSULA PRIMEIRA - OBJETO

1.1 - *O presente Convênio tem por objeto a conjugação de esforços entre a Embrapa e a Cooperante para execução do Projeto em Desenvolvimento de Sistema Óptico para Inspeção Visual de Doenças de Citrus em Campo.*

1.2 – O(s) Subprojeto(s) e o Cronograma de Execução (Meta, Etapa ou Fase), deste Termo de Convênio encontram-se informados e fixados no Plano de Trabalho que, assinado pelo representante legal da CONVENENTE e aprovado pela Embrapa, integra o presente instrumento, para todos os efeitos de direito, independentemente de transcrição, sob a forma de Anexo I.

#### CLÁUSULA SEGUNDA - METAS E FORMA DA COOPERAÇÃO

Os partícipes envidarão esforços com vistas ao estabelecimento de princípios básicos para cooperação técnica para o desenvolvimento de projetos de pesquisa e inovação, visando facilitar a transformação de conhecimentos gerados na academia em conhecimento de base tecnológica e cooperar para o desenvolvimento sócio-econômico sustentável ambientalmente da agricultura.

#### CLÁUSULA TERCEIRA - SUPORTE FINANCEIRO

O presente convênio não prevê obrigações financeiras às partes envolvidas, focando apenas na cooperação técnica e desenvolvimento de pesquisas em parceria.

#### CLÁUSULA QUARTA - OBRIGAÇÕES DA UFSCar

4.1 – Desenvolver as atividades de pesquisa conforme detalhado no Plano de Trabalho (Anexo 1).

4.2 – Observar as normas de utilização e segurança estabelecidas para acesso às instalações da Embrapa.

#### CLÁUSULA QUINTA - OBRIGAÇÕES DO CONVENENTE

5.1 – Viabilizar o acesso aos pesquisadores da UFSCar para a instalação de experimentos em áreas da Embrapa Instrumentação, definidas em comum acordo.

#### CLÁUSULA SEXTA - COORDENAÇÃO DO CONVÊNIO

6.1 - Para constituir a Coordenação do presente convênio são indicados pela UFSCar Prof. Dr. Nilton Luiz Menegon e pela instituição conveniente o Dra. Débora Milori (pesquisador da equipe pela Embrapa).

6.2 - Caberá à Coordenação Técnica e Administrativa a solução e encaminhamento de questões técnicas e administrativas que surgirem durante a vigência do presente Convênio, bem como a supervisão das atividades.

#### CLÁUSULA SÉTIMA – DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

7.1 – Ambas as partes poderão publicar resultados finais de pesquisas desenvolvidas por força deste Convênio, sem intuito econômico e para fins meramente de divulgação científica. Ambas as partes obrigam-se a consignar ao apoio do parceiro, bem como, qualquer que seja o veículo de comunicação, a remeter pelo menos 05 (cinco) exemplares de cada edição, à outra parte, no prazo máximo de trinta dias, contados da data de sua publicação ou edição.

7.2 – As partes, por si e por seus sucessores, a qualquer título, obrigam-se a observar o disposto nesta Cláusula, mesmo após o término da vigência deste Termo.

#### CLAUSULA OITAVA – PROPRIEDADE INTELECTUAL

8.1 - Qualquer invento, aperfeiçoamento ou inovação, criação de variedade de planta, obtenção de processos ou produtos, privilegiável ou não, gerado em decorrência deste contrato, pertencerão à Embrapa e a Contratante, em igualdade de condições e desde que haja efetiva participação deste com aporte tecnológico e esforço inventivo, devendo sua utilização, licenciamento ou cessão ser previamente regulada em contrato específico.

8.2 - As partes contratantes obrigam-se a manter absoluto sigilo sobre o invento, aperfeiçoamento ou inovação, criação de variedade de planta, obtenção de processos ou produtos, privilegiável ou não, quando decorrentes da execução deste Contrato, de forma a preservar a efetiva utilização econômica desses resultados, por seus proprietários.

8.3 - Nenhuma das partes poderá utilizar o nome da outra, para fins promocionais, sem sua prévia aquiescência, por escrito.

#### CLÁUSULA NONA - VIGÊNCIA

O presente convênio vigorará pelo prazo de 12 meses (doze meses), a partir da data da assinatura, em consonância com o Cronograma Físico constante do Plano de Trabalho.

#### CLÁUSULA DÉCIMA - DENÚNCIA

10.1 - O presente convênio poderá ser denunciado a qualquer momento, por qualquer das partes, mediante comunicação expressa, com antecedência mínima de 30 dias.

10.2 - Havendo pendências, as partes definirão, mediante Termo de Encerramento do Convênio as responsabilidades pela conclusão ou encerramento de cada um dos trabalhos e todas as demais pendências, respeitadas as atividades em curso.

**CLÁUSULA DÉCIMA PRIMEIRA – PUBLICAÇÃO**

**O extrato do presente Convênio será levado à publicação, pela Embrapa, no Diário Oficial da União, até o quinto dia útil do mês subsequente ao da sua assinatura, para ser publicado no prazo de 20 (vinte) dias daquela data, sendo a publicação condição indispensável à sua eficácia.**

**CLÁUSULA DÉCIMA SEGUNDA- FORO**

*Para solução de quaisquer controvérsias porventura oriundas da execução deste Convênio, as partes elegem o Foro da Justiça Federal, Seção Judiciária de São Carlos, SP.*

*Estando assim justas e contratadas, firmam o presente em 03 (três) vias de igual teor e forma, na presença das testemunhas abaixo nomeadas e subscritas.*

São Carlos, SP, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2011.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Prof. Dr. Targino de Araújo Filho

Reitor

**EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO**

Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso

Chefe Geral

**Anexo B - Termo de Confidencialidade com empresa fabricante de lentes ópticas corretivas.**

**TERMO DE CONFIDENCIALIDADE**

Pelo presente instrumento particular, de um lado a **FUNDAÇÃO DE APOIO INSTITUCIONAL AO DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO – FAI.UFSCar**, entidade de direito privado, sem fins lucrativos, com sede na Rodovia Washington Luis, km 235, São Carlos - SP, inscrita no CNPJ/MF sob o N° 66.991.647/0001-30, neste ato representada na forma de seu Estatuto pelo Diretor Executivo, Prof. Dr. Paulo Ignácio Fonseca de Almeida, doravante denominada **CONTRATANTE** e, de outro lado, a empresa **Fhocus Laboratório Óptico LTDA. EPP**, com sede na Rua Georg Ptak, 200. Jardim São Paulo, CEP: 13570-420, São Carlos-SP, inscrita no CNPJ/MF N° 13.716.615/0001-60, neste ato representada na forma de seu Contrato Social pelo Diretor, Irineu Dias Pereira, doravante denominada simplesmente **CONTRATADA**, e em conjunto denominadas Partes;

**CONSIDERANDO** que as atividades de extensão, no âmbito da UFSCar, são executadas com o apoio e gerenciadas financeiramente pela FAI•UFSCar, entidade credenciada para esta finalidade específica, na forma da Lei Federal n° 8.958 de 20 de dezembro de 1994, regulamentada pelo Decreto Federal n° 7.423, de 31 de dezembro de 2010;

**CONSIDERANDO** que as Partes trocarão informações de diversas formas, desejam estabelecer o presente Acordo de confidencialidade para apresentação e discussão de temas relacionados a potenciais projetos em parceria científica, parceria Tecnológica ou prestação de serviço.

**CONSIDERANDO** que as Partes desejam estabelecer condições para a revelação de Informações Confidenciais, bem com definir a forma como as mesmas poderão ser usadas e deverão ser protegidas;

**CONSIDERANDO** que, não obstante este Termo, as Partes têm plena e total liberdade para decidir sobre a revelação ou não de informações confidenciais à outra Parte.

**RESOLVEM** de comum acordo firmar o presente Termo, nos termos e condições seguintes:

**1. Do Objeto:** O objeto deste instrumento é a revelação pela Contratante à Contratada do “Projeto em Desenvolvimento de Óculos para Inspeção Visual da Doença Greening (HLB) de Citrus em Campo”.

## **2. Conceito de Informação Confidencial**

2.1. Para fins deste Termo, considerar-se-á “informação confidencial”, entre outros:

(i) qualquer segredo de negócio ou know-how, documento, croqui, desenho, fita de vídeo, reproduções, traduções, tabelas, gráficos, documentos financeiros, demonstrações financeiras, documentos contábeis, relatórios de auditoria, fórmulas, estudos, pareceres, métodos de elaboração, métodos analíticos, pesquisas, dados técnicos, dados operacionais, dados de engenharia, especificações técnicas, especificações de equipamentos, requerimentos escritos ou não (através de meios audiovisuais, mídia eletrônica ou qualquer outra forma), e qualquer outra forma de comunicação ou documentação, que esteja em poder de uma Parte, doravante denominada “Parte Reveladora”, e que seja revelada à outra Parte, doravante denominada “Parte Receptora”;

(ii) a “informação” que se revestir de qualquer forma, seja oral, por escrito, ou em qualquer outra forma, corpórea ou não, tais como, mas não limitado a: processos, projetos, fotografias, plantas, desenhos, conceitos de produto, especificações, amostras de idéia, clientes, nomes de revendedores e/ou distribuidores, preços e custos, definições e informações mercadológicas, relatórios em geral, invenções e idéias.

## **3. Limitações da Confidencialidade**

Não constituirá Informação Confidencial para os propósitos deste Termo aquela que:

(i) seja de domínio público no momento da revelação ou após a revelação, exceto se isso ocorrer em decorrência de ato ou omissão da Parte Receptora;

(ii) já esteja em poder da Parte Receptora, como resultado de sua própria pesquisa, contanto que a Parte Receptora possa comprovar esse fato;

(iii) tenha sido legitimamente recebida de terceiros;

(iv) seja revelada em razão de uma ordem válida ou de uma ordem judicial, somente até a extensão de tais ordens, contanto que a Parte Receptora tenha

notificado a existência de tal ordem, previamente e por escrito, à Parte Reveladora, dando a esta, na medida do possível, tempo hábil para pleitear medidas de proteção que julgar cabível.

#### **4. Direitos e Obrigações**

4.1 Neste ato, ambas as Partes se comprometem e se obrigam a utilizar a informação confidencial revelada pela outra Parte exclusivamente para os propósitos deste Termo, mantendo sempre estrito sigilo acerca de tais informações.

4.2 A Parte Receptora se compromete a não efetuar qualquer cópia da informação confidencial sem o consentimento prévio e expresso da outra Parte.

4.3 Este consentimento, entretanto, não será necessário para cópias, reproduções ou duplicações destinadas para uso interno, para os fins acima referidos, pelos funcionários que necessitem conhecer tal informação, para os objetivos deste Termo.

4.4 Ambas as Partes se comprometem e se obrigam a tomar todas as medidas necessárias à proteção da informação confidencial da outra Parte da mesma forma como tomam no manuseio e uso de suas próprias informações confidenciais, além de evitar e prevenir revelação a terceiros, exceto se devidamente autorizado por escrito pela Parte Reveladora. De qualquer forma, a revelação é permitida para empresas coligadas, assim consideradas as empresas que direta ou indiretamente controlem ou sejam controladas pela Parte neste Termo. Além disso, cada Parte terá direito de revelar a informação a seus funcionários que precisem conhecê-la, para os fins deste Termo; tais funcionários serão devidamente avisados acerca da natureza confidencial de tal informação, estando vinculados aos termos do presente Termo de Confidencialidade.

4.5 Cada Parte permanecerá como única proprietária de toda e qualquer informação eventualmente revelada à outra Parte em função deste Termo.

4.6 O presente Termo não implica a concessão, pela Parte Reveladora à Parte Receptora, de nenhuma licença ou qualquer outro direito, explícito ou implícito, em relação a qualquer direito de patente, direito de edição ou qualquer outro direito relativo à propriedade intelectual.

4.7 A Parte Receptora se obriga a não tomar qualquer medida com vistas a obter, para si ou para terceiros, os direitos de propriedade intelectual relativos às informações confidenciais que venham a ser reveladas.

4.8 As Partes concordam que a violação do presente Termo, pelo uso de qualquer informação confidencial pertencente à Parte Reveladora, sem sua devida autorização, causar-lhe-á danos e prejuízos irreparáveis. Desta forma, a Parte Reveladora será imediatamente considerada como legítima detentora do direito a tomar todas as medidas extrajudiciais e judiciais, inclusive de caráter cautelar, como antecipação de tutela jurisdicional, que julgar cabíveis à defesa de seus direitos.

4.9 O presente termo de sigilo e confidencialidade, prevê apenas a revelação de informações, dados, documentos e teses de natureza confidencial, sendo vedado o envio de qualquer material para análise ou testes sem que haja a celebração prévia de termo de envio de material devidamente assinado por todas, situação esta que será devidamente regulada no corpo do termo referenciado.

## **5. Retorno de Informações**

5.1 As Informações Confidenciais reveladas pelas Partes permanecerão de propriedade da Parte que a revelar e deverão ser devolvidas imediatamente à Parte que a revelou, quando esta assim o solicitar por escrito, ou quando do término ou rescisão deste Termo, e nenhuma cópia será retida pela Parte receptora ou seus Representantes. A Parte Reveladora poderá aceitar da Parte Receptora comprovação de destruição das informações confidenciais trocadas.

## **6. Vigência**

5.1 A vigência deste Termo é de 5 (cinco) ano contados a partir da data de assinatura do mesmo.

## **7. Rescisão**

7.1 O presente Termo poderá ser rescindido por qualquer das Partes, a qualquer tempo, por meio de aviso escrito à outra Parte, com no mínimo 30 (trinta) dias de antecedência.

7.2 No caso de rescisão ou do término deste Termo permanecerão válidas as obrigações decorrentes deste Termo relativamente à obrigação de confidencialidade por um período de 5 (cinco) anos.

## **8. Disposições Gerais**

8.1 O presente instrumento representa o pleno acordo entre as Partes, substituindo e cancelando todo e qualquer termo, acordo ou contrato celebrado entre as Partes relativamente ao objeto do presente.

8.2 O presente instrumento obriga as Partes e seus sucessores legais.

8.3 Nenhuma alteração ou acréscimo a este Termo terá eficácia a não ser que seja feito por escrito e assinado por ambas as Partes através dos seus representantes legais.

8.4 As Partes não poderão isoladamente transferir ou ceder o conteúdo deste Termo, quer seja no todo ou em parte a terceiros.

8.5 O não exercício de qualquer direito proveniente deste Termo não implicará em renúncia do mesmo.

8.6 Na hipótese de qualquer provisão deste Termo provar-se, por qualquer razão, inválida ou inexecutável, as demais provisões do mesmo continuarão valendo como se a provisão inválida ou inexecutável não existisse, de forma que o presente Termo atinja seu escopo.

## 9. Foro e Lei

9.1 As Partes elegem o foro da Comarca de São Carlos, SP, com exclusão de qualquer outro, por mais privilegiado que seja, ou se torne, para dirimir as dúvidas e questões eventualmente oriundas deste Termo, o qual é celebrado sob a égide das leis brasileiras.

E POR ESTAREM ASSIM JUSTAS E ACORDADAS, as Partes assinam o presente Termo em duas vias de igual forma e teor na presença das testemunhas abaixo.

São Carlos, 30 de Novembro de 2011.

---

**FAI.UFSCar**

**Diretor Executivo – Prof. Dr. Paulo Ignácio Fonseca de Almeida**

---

**Fhocus Laboratório Óptico LTDA. EPP**

**Diretor – Irineu Dias Pereira**

**Testemunhas:**

**1.** \_\_\_\_\_

**Nome:**

**RG:**

**2.** \_\_\_\_\_

**Nome:**

**RG:**

Anexo C - Planilha de Inspeção

MATA

**PLANILHA DE INSPEÇÃO**  
**CANCRO / C.V.C. / HLB - GREENING**      Nº 0074961 CERCA 221 219

Bordadura    Ponteiro    Plataforma    Chão    Parcial    Total   220

Unidade: Soz Santa Alice      Data: / /      Quadra: 221      Nº plantas da quadra: 220

Linha	Nome do Inspetor	Cancro Cítrico	nº passada	C.V.C.		nº passada	HLB Greening	nº passada	Observações
				Poda	Erradicação				
1	Alexandre						∞		
2	Antonina						∞		
3	Antonina						∞		
4	Alexandre						∞		
5	Alexandre						∞		
6	Antonina						∞		
7	Antonina						∞		
8	Alexandre						∞		
9	Alexandre						∞		
10	Antonina						∞		
11	Alexandre						∞		
12	Antonina						∞		
13	Alexandre						∞		

Figura 61 – Planilha de Inspeção. Fonte: Cutrale.