

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

MARIANA LUIZA DA SILVA SASSARON

**PROPOSIÇÃO DE UM MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE FAIXAS
DE PEDESTRES**

São Carlos - SP
2023

MARIANA LUIZA DA SILVA SASSARON

**PROPOSIÇÃO DE UM MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE FAIXAS
DE PEDESTRES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Civil da Universidade
Federal de São Carlos como parte dos requisitos para
a conclusão da graduação em Engenharia Civil

Orientador: Prof. Dr. Fernando Hideki Hirose

São Carlos - SP
2023

PROPOSIÇÃO DE UM MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE FAIXAS DE PEDESTRES

Mariana Luiza da Silva Sassaron

Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal de São Carlos

Fernando Hideki Hirosue

Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal de São Carlos

RESUMO

As sinalizações de trânsito são importantes ferramentas na garantia da segurança viária e do funcionamento dos sistemas de transporte. Elas auxiliam os usuários a entenderem o tráfego e a adotarem comportamentos adequados a fim de garantir segurança e fluidez ao trânsito. Considerando a relevância das sinalizações e a necessidade de que essas sejam eficientes e tenham qualidade para seu pleno funcionamento, o seguinte trabalho elabora um método para avaliação da qualidade de faixas de pedestres. Com o emprego do Método de Análise Hierárquica (AHP) elaborado por Saaty (1977) e de questionários anônimos de pesquisa pública obteve-se uma equação geral que poderá ser utilizada na avaliação de diferentes faixas. Ademais, o trabalho apresenta os resultados de sua aplicação em um estudo de caso na Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, com uma nota média das 42 faixas analisadas igual a 3,86, em uma escala de 0,00 a 5,00. Destaca-se, entretanto, que as piores faixas encontravam-se mais afastadas de áreas com maior demanda, enquanto pontos mais críticos, com maior volume de pedestres, possuíam faixas de melhor qualidade.

ABSTRACT

Traffic signs are important tools in ensuring road safety and the operation of transportation systems. They help users to understand traffic and adopt appropriate behaviours to ensure safety and fluidity of traffic. Considering the relevance of signals and the need for them to be efficient and have quality for their full operation, the following work elaborates a method for evaluating the quality of pedestrian crosswalks. With the use of the Analytic Hierarchy Process (AHP) developed by Saaty (1977), and anonymous questionnaires of public research, a general equation was obtained which can be used in the evaluation of different crosswalks. Furthermore, the work presents the results of its application in a case study at the Federal University of São Carlos, São Carlos campus, with an average score of the 42 crosswalks analysed equal to 3.86, on a scale of 0.00 to 5.00. It should be noted, however, that the worst lanes were further away from areas with the highest demand, while more critical points, with a higher volume of pedestrians, had better-quality crosswalks.

1. INTRODUÇÃO

Sinais são utilizados como meio de guiar o homem desde a pré-história, sendo aperfeiçoados de acordo com o aumento da complexidade dos deslocamentos e do trânsito, deixando de serem apenas marcações do caminho a se seguir e evoluindo para placas, semáforos e diversas pinturas com diferentes objetivos.

Segundo o Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 2010), a sinalização representa um conjunto de sinais de trânsito e dispositivos de segurança presentes no espaço urbano a fim de garantir o uso adequado das vias públicas. Assim, as sinalizações são responsáveis pela organização da mobilidade urbana, fluidez e segurança dos usuários. Com isso, ordenam movimentações de veículos motorizados e não motorizados, representam um alerta aos perigos, como curvas sinuosas, e transmitem informações sobre as regras de trânsito aos condutores (CNT, 2020).

Os elementos de sinalização correspondem a um conjunto de processos de comunicação visual e sonora que determinam a execução de ações e comportamentos adequados por parte dos condutores (CNT, 2020). Segundo Gold (1995), estudos e pesquisas indicam que a inadequação da sinalização e da construção e manutenção de vias e calçadas são alguns dos fatores que contribuem na ocorrência da maioria dos acidentes, sendo possível reduzi-los através de intervenções físicas no sistema viário, como, por exemplo, adequados sinais de

trânsito. Seguindo o mesmo raciocínio, segundo Ferraz *et al.* (2012), a melhoria da sinalização é uma das principais ações para o aumento da segurança no trânsito.

Ferraz *et al.* (2012) também comentam sobre as estatísticas das vítimas dos acidentes e que, em sua maioria, são representadas por pessoas mais pobres que se deslocam a pé, de bicicleta e motocicleta; segundo os autores, modos mais vulneráveis. Dados da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP, 2020) apenas confirmam o que é comentado anteriormente: segundo a ANTP (2020), o modo a pé é o terceiro com maior índice de mortes por quilômetro, de acordo com os dados de acidentes de 2017.

Com relação aos diferentes modos de transporte, dados da ANTP (2020) demonstram que a maioria das viagens realizadas em 2018 foi feita por modos não motorizados e principalmente o modo a pé (39%).

Desta forma, pelo andar a pé ser o principal modo de transporte da população e possuir expressividade no número de acidentes, ressalta-se a necessidade de um espaço urbano seguro e adequado aos pedestres. Neste sentido, Aguiar (2003) comenta sobre as calçadas e as travessias de pedestres representarem elementos essenciais para garantia de uma circulação segura e confortável das pessoas nas cidades. Aguiar também expõe a importância da avaliação desses espaços e como a qualidade desses se relaciona com a percepção e a expectativa dos usuários.

Visto a importância das sinalizações de trânsito na prevenção e redução de acidentes, visa-se visibilidade e legibilidade dessas a fim de garantir uma reação rápida e segura dos motoristas frente às adversidades encontradas no trânsito atual.

Dessa maneira, sabendo-se da relevância do modo a pé, objetiva-se a elaboração de um método para avaliação da qualidade de faixas de travessia de pedestre; tipo de sinalização horizontal que tem como função delimitar a área de travessia e garantir a segurança dos pedestres durante o atravessar das vias, funcionando também como sinalização aos motoristas de onde pode haver passagem de pedestres (DNIT, 2010). Em segundo plano, é proposto o levantamento e determinação dos critérios relevantes para tal análise, hierarquizando-os de acordo com a percepção dos usuários; e a utilização desse método em um estudo de caso, para verificar sua aplicabilidade e produzir resultados práticos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SINALIZAÇÃO HORIZONTAL

Os sinais de trânsito podem ser analisados como um aglomerado de elementos diversos que se complementam e interagem entre si, sendo compreendidos como processos de comunicação visual e sonora que visam transmitir informações e orientações sobre o ambiente, provocando reações específicas e inibindo certas atitudes (CNT, 2020).

Para tanto, os sinais de trânsito são classificados, segundo o Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 2010), em: verticais; dispositivos de sinalização auxiliar; luminosos; sonoros; gestos do agente de trânsito e do condutor; e horizontais.

A sinalização horizontal é composta de linhas, marcas, símbolos e legendas colocadas sobre a via com a finalidade de ordenar, orientar e canalizar fluxos de veículos e pedestres, além de complementar os sinais verticais (CONTRAN, 2022).

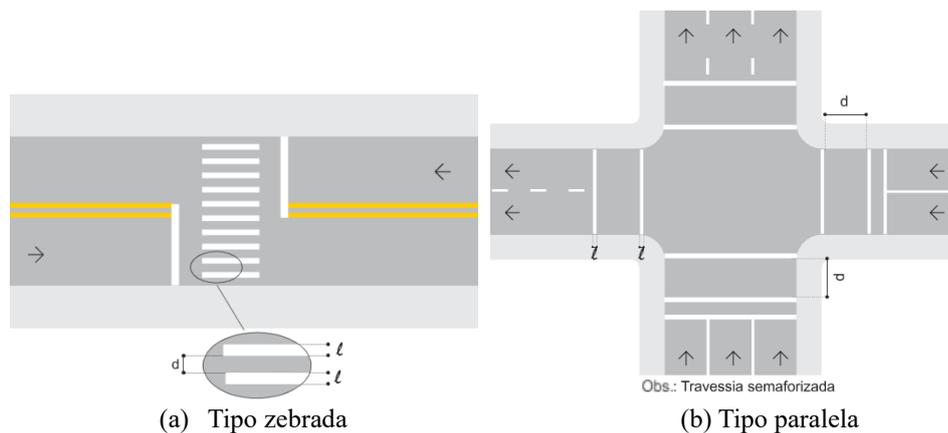
Segundo o CONTRAN (2022), tais sinais são importantes por permitir o melhor aproveitamento do espaço viário, maximizando seu uso; aumentando a segurança por ser visível em situações como neblina, chuva e durante a noite; contribuindo com a redução de acidentes; e transmitindo mensagens aos condutores e pedestres. Entretanto, é necessário manter sua manutenção, já que, quando sujeita a tráfego intenso, sua durabilidade é reduzida.

Essas, de acordo com o Código Brasileiro de Trânsito (CTB, 2010), possuem padrão no traçado e na coloração, podendo ser definida a partir dessas características. Segundo o traçado, as sinalizações horizontais são organizadas em: marcas longitudinais, que são responsáveis por separar e ordenar lateralmente o fluxo de veículos, organizando diferentes sentidos, faixas e locais de possível ultrapassagem; transversais, que são responsáveis por ordenar frontalmente o fluxo de veículos, harmonizando-o com o deslocamento de pedestres e outros veículos (cruzamentos); de canalização e controle de estacionamento e/ou parada, que orientam o fluxo de tráfego, direcionam os veículos e regulamentam áreas não utilizáveis do pavimento, sendo branca quando separam o fluxo de veículos em um mesmo sentido e amarela quando em veículos em sentidos opostos; e inscrições no pavimento, que são utilizadas para melhorar a percepção do condutor quanto às condições de operação da via (CTB, 2010).

2.2 FAIXAS DE TRAVESSIA DE PEDESTRES

Dando mais enfoque ao objeto de estudo deste trabalho, as faixas de travessia de pedestres (FTP) são classificadas como sinalização horizontal e organizadas como marcas transversais. Elas regulamentam o local de travessia dos pedestres e, segundo o CTB (2010), podem ser de dois tipos: zebra e paralela (Figura 1).

Figura 1: Faixas de travessia de pedestres



Fonte: CONTRAN (2022)

Segundo o CONTRAN (2022), a largura (l) de faixas do tipo zebra varia de 0,30 a 0,40 m e a distância (d) entre 0,30 e 0,80 m. Já a extensão das faixas é de 3,00 m, mas pode chegar a 4,00 em vias com fluxo intenso de pedestres. Tais faixas são indicadas para locais semaforizados ou não com volume de pedestres significativo, ou seja, próximos a polos geradores de viagens ou locais indicados por estudos de engenharia.

Já as faixas do tipo paralela têm largura (l) entre 0,40 e 0,60 m e distância (d) mínima de 3,00 m e recomendada de 4,00 m. Sua utilização é indicada apenas em interseções semaforizadas (CONTRAN, 2022).

Vale ressaltar que todas as faixas de pedestres devem ocupar a largura total da via e sua localização deve respeitar, sempre que possível, o caminamento natural dos pedestres, garantindo segurança destes (CONTRAN, 2022).

2.3 SEGURANÇA VIÁRIA, SINALIZAÇÕES E O MODO A PÉ

Segundo o Ministério da Infraestrutura (BRASIL, 2022), Segurança Viária é o conjunto de métodos, ações e normas existentes com o objetivo de prevenir e reduzir o risco de acidentes, ou seja, garantir a circulação segura de pessoas e veículos nas ruas e rodovias.

Para Aguiar (2010), a mobilidade urbana diz respeito à facilidade de deslocamentos de pessoas e bens, sendo um conceito amplo que envolve os diversos meios de transportes e principalmente o modo a pé, visto ser o modo mais básico e estar presente em todo tipo de deslocamento, seja para lazer, atividades comerciais ou industriais, estando diretamente ligado com o desenvolvimento social e econômico das cidades (FERRAZ; TORRES, 2004).

Aguiar (2010) ainda coloca em destaque a mobilidade e a acessibilidade, estando a acessibilidade associada às oportunidades disponibilizadas pelo espaço urbano e a mobilidade à facilidade do indivíduo em se deslocar. Nesta linha, ressalta-se o conceito de mobilidade sustentável, ou seja, políticas de transporte e circulação que visam proporcionar um acesso amplo e democrático ao espaço urbano, priorizando meios alternativos de transporte, como andar a pé e bicicletas (AGUIAR, 2010).

Entretanto, apesar de conceitos de mobilidade sustentável estarem sendo difundidos no Brasil, dados da ANTP (2020) apresentam o modo a pé como o terceiro com mais mortes em acidentes por quilômetro (0,13 mortes por milhão de km), atrás apenas de acidentes com motocicletas (0,44 mortes por milhão de km) e bicicletas (0,14 mortes por milhão de km). Entretanto, comparado ao total de vítimas, o modo a pé fica apenas atrás do modo motocicleta (244.065 vítimas), com 186.692 vítimas segundo dados de acidentes de 2017. Destaca-se então a importância da mobilidade de pedestres e a necessidade de que essa seja realizada com segurança.

Ferraz *et al.* (2012) organizam as ações para redução da exposição ao risco, ou seja, redução de acidentes, em três frentes: elemento humano, veículo e via/meio ambiente. Com relação a via/meio ambiente, os autores apresentam a importância das condições da infraestrutura da via e indicam a sinalização adequada como ação para prevenção de acidentes. Para eles, uma sinalização deficiente (inadequada, insuficiente ou deteriorada) está diretamente associada à ocorrência de acidentes.

Para a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2020), um trânsito seguro depende de todos os usuários da via, mas também das condições de infraestrutura destas, tendo a sinalização rodoviária papel fundamental nesta questão. Para ele, uma sinalização eficiente é capaz de evitar acidentes e, ao mesmo tempo, permitir uma condução mais segura.

Portanto, sendo as sinalizações de trânsito eficientes um caminho para garantir a segurança dos usuários da via, pedestres e motoristas, se fazem necessárias avaliações que garantam sua eficiência e qualidade. Assim, visando a segurança dos pedestres e a criação de um espaço urbano adequado a estes, destacam-se as faixas de pedestres, importante sinalização que regulamenta a prioridade na travessia e regiões de interação entre veículos e pedestres.

3. METODOLOGIA

O método de avaliação da qualidade de faixas de travessia de pedestres desenvolvido consiste em uma equação e as condições de aplicação desta. Para sua construção, utilizou-se o Método de Análise Hierárquica nas diretrizes propostas por Saaty (1977) que será apresentado no item 3.2. Para as condições de aplicação da equação, baseou-se em estruturas de notas como a apresentada por Ferreira e Sanches (2001) na composição do Índice de Qualidade das Calçadas (IQC), partindo-se de um cenário ideal que representaria a nota máxima.

Nos itens a seguir, desenvolve-se o passo a passo realizado para obtenção do método.

3.1 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE FAIXAS DE PEDESTRES

Para elaboração da equação, fez-se necessária a definição dos critérios que a comporiam. Para isso, realizou-se uma revisão bibliográfica com a finalidade de analisar os critérios utilizados em avaliações de qualidade relacionadas à Segurança Viária. A Tabela 1 apresenta

algumas das avaliações analisadas, seus respectivos autores e os critérios definidos por eles. Ressalta-se que não foram encontradas avaliações de qualidade relacionadas às faixas de pedestres, realizando-se uma avaliação de quais critérios, dentre os pesquisados, caberiam em uma avaliação do tipo.

Tabela 1: Avaliações relacionadas à Segurança Viária e seus critérios

Autor	O que foi avaliado	Crítérios
Khisty (1994)	Elementos qualitativos dos espaços de pedestres	Atratividade ; conforto; conveniência; segurança ; seguridade ; coerência do sistema; continuidade do sistema
Epperson (1994)	Nível de serviço oferecido aos ciclistas	Velocidade; liberdade de manobra; interrupções de tráfego; conforto; conveniência; segurança
Sarkar (1995)	Espaço para pedestres	Eliminação de conflitos e obstáculos nas interseções e calçadas; elementos visuais e psicológicos para modificação do comportamento de motoristas e ciclistas; eliminação de quedas e lesões de pedestres em calçadas através da manutenção e projeto; princípios de planejamento e projetos que melhorem a percepção de seguridade
Reid (2001)	Necessidades dos pedestres	Conveniência; conectividade ; sociabilidade
Ferreira e Sanches (2001)	Nível de serviço das calçadas (IQC: Índice de qualidade de calçadas)	Segurança ; seguridade; largura efetiva; atração visual ; manutenção
Schützer (2011)	Percepção do indivíduo sobre o ambiente de seus bairros	Acessibilidade; conectividade de vias ; infraestrutura; estética ; tráfego; seguridade
Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2016)	Calçada ideal	Garante caminhar livre, seguro e confortável; oferece acessibilidade; largura adequada; fluides ; espaço de socialização; desenho da paisagem
Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP, 2019)	Índice de Caminhabilidade	Calçadas; mobilidade; atração ; segurança pública; segurança viária ; ambiente
CONTRAN (2022)	Concepção e implantação de sinais de trânsito	Legalidade; suficiência; padronização; uniformidade; clareza; precisão e confiabilidade; visibilidade e legibilidade; manutenção e conservação

Nota: em negrito, destaca-se os critérios selecionados para composição da equação

Fonte: Autoria própria (2023)

Realizado o levantamento, selecionou-se critérios que apareciam em pelo menos três avaliações: segurança, estética, estado de conservação e localização.

O conceito de segurança é citado pela ABCP (2016), Epperson (1994), Ferreira e Sanches (2001), ITDP (2019), Khisty (1994), Sarkar (1995) e por Schützer (2011) e foi definido para composição da equação como: visão livre para atravessar; via iluminada; fácil visualização dos veículos da via; existe sinalização vertical que alerta ponto de travessia de pedestres; pedestre sente-se visível e seguro para atravessar; e existe canteiro central quando a via possuir mais de 2 faixas de tráfego.

O critério estética é citado por Ferreira e Sanches (2001), ITDP (2019) e Khisty (1994). Em cada avaliação o critério possui um nome diferente, entretanto a ideia é a mesma: qual é o impacto visual causado pela infraestrutura e qual sua atratividade aos usuários. Nesse sentido, o critério foi definido como: ambiente limpo; sem caçambas ou lixeiras perto das faixas de pedestres; pintura chamativa; calçada do entorno adequada para o caminhar; e há árvores que fazem sombra na via e na calçada.

Estado de conservação é citado pelo CONTRAN (2022), Ferreira e Sanches (2001) e Sarkar (1995). Esse é definido para composição da equação como: faixa visível, com pintura adequada, limpa e conservada; e pavimento sem buracos ou grandes rachaduras.

Por fim, o critério de localização é citado pela ABCP (2016), Reid (2001) e Schützer (2011). Nas diferentes avaliações, o conceito aparece como garantia da fluidez e conectividade dos espaços. Assim, para composição da equação, o critério foi definido como: as faixas de pedestres conectam pontos de interesse, ou seja, pontos de ônibus na outra calçada, mercados e outros pontos de desejo; está onde os pedestres atravessam; e localização das faixas permite a continuidade do caminhar em segurança e sem grandes desvios.

3.2 DEFINIÇÃO DO PESO DE CADA CRITÉRIO

Definidos os critérios, parte-se para a definição dos pesos destes. Para isso, realizou-se uma pesquisa anônima com diferentes usuários de faixas de pedestres e tratou-se os dados coletados pelo Método de Análise Hierárquica.

A seguir, apresenta-se as condições e o passo a passo seguido para aplicação do AHP, como se deu a aplicação do formulário de pesquisa anônima e a definição dos pesos para cada critério.

3.2.1 Análise dos dados: Método de Análise Hierárquica

O Método de Análise Hierárquica (AHP) é uma metodologia de análise de dados proposta por Saaty (1977). Nela o autor propõe uma hierarquização de critérios de acordo com o quanto contribuem para a solução de um problema, critérios esses que estejam relacionados com uma solução final (FURTADO; KAWAMOTO, 2002).

Em resumo, essa técnica usa uma escala de valores para medir prioridades e, por fim, aplicá-las em uma matriz. Para isso, deve-se obedecer às seguintes condições (FURTADO; KAWAMOTO, 2002; TREVIZANO; FREITAS, 2005):

1. Construção de hierarquia: comparar critérios entre si, definindo a importância relativa entre eles segundo definições apresentadas na Tabela 2;
2. Definição de prioridades: definir a ordem de prioridade dos critérios de modo que a soma de todos os pesos seja igual a 1 e seja possível a composição de uma matriz de julgamentos A; e
3. Consistência lógica: calcular a Razão de Consistência (RC) dos julgamentos, sendo que ela deve ser menor ou igual a 0,10 (10%) para que os valores encontrados sejam aceitos.

Tabela 2: Escala de valores para a comparação de prioridades

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem de maneira igual para o objetivo
3	Importância fraca de um sobre o outro	Experiência e julgamento colocam um critério ligeiramente acima do outro
5	Importância forte ou essencial	Experiência e julgamento colocam um critério muito acima do outro
7	Importância muito forte (demonstrada)	Um dos critérios é muito mais importante que o outro, sendo isso demonstrado em prática
9	Importância absoluta	A evidência que favorece um dos critérios sobre o outro é comprovada com certeza
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	Quando se julgar necessário

Fonte: Adaptado de Saaty (1977)

Com a matriz, define-se os pesos para cada critério e, a partir dela, calcula-se o do Índice de Consistência Equação 1:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{(n-1)} \quad (1)$$

sendo "n" o número de critérios.

Com o valor de IC calcula-se a Razão de Consistência (RC) pela Equação 2:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (2)$$

sendo "IR" o índice de consistência randômico para uma matriz recíproca, com elementos negativos e gerada randomicamente. Tal valor varia de acordo com a ordem da matriz; no caso de uma matriz de ordem 4, IR = 0,9.

3.2.2 Aplicação de formulário: Coleta da opinião dos usuários

Visto a importância da opinião dos usuários em avaliações do espaço urbano, optou-se por definir os pesos de cada critério, de acordo com a Tabela 2, seguindo o entendimento desses da importância relativa entre os critérios. Para isso, elaborou-se um questionário online no Google Formulários que comparava os critérios par a par, pedindo ao participante que definisse se esses possuíam mesma importância ou se um era mais importante em relação ao outro para uma avaliação efetiva da qualidade de faixas de pedestres, e, se sim, qual. Posterior a essa escolha, caso o participante definisse que um possuía importância superior a outro, esse escolhia qual a intensidade de importância seguindo a Tabela 2.

O formulário foi divulgado nas redes sociais, atingindo estudantes de graduação em maioria, mas também familiares e amigos sem curso superior completo. Vale ressaltar que, visto viés anônimo do questionário, não foram coletados dados socioeconômicos dos participantes e que buscou-se uma amostragem por conveniência, almejando-se o maior número de respostas.

3.2.3 Análise dos dados do formulário e Agregação dos Julgamentos Individuais (AIJ)

Com o uso do formulário, obteve-se a opinião de inúmeros usuários que, com suas matrizes de julgamentos, definiram diferentes pesos para cada critério. Entretanto, se faz necessária a definição de apenas um peso para cada critério e, para tal, utilizou-se o método de Agregação dos Julgamentos Individuais.

A Agregação dos Julgamentos Individuais (AIJ) é um método para análise dos julgamentos de vários decisores, ou seja, pode ser usada para agregar as matrizes de comparação par a par definidas por vários participantes da pesquisa. Assim, forma-se uma matriz que leva em conta a opinião de todos os participantes, mas define-se apenas um peso para cada critério.

Tal agregação de matrizes é feita por uma média geométrica a partir da Equação 3:

$$(a_{ij}^G)_{n \times m} = \prod_{h=1}^m a_{ij}^{h \lambda_h} \quad (3)$$

sendo n o número de linhas da matriz, m o número de colunas, a_{ij} o valor da matriz na linha i e na coluna j, e λ_h a importância do decisor, em que $\lambda_h > 0$ e $\lambda_1 + \dots + \lambda_m = 1$ (FRANÇOZO *et al.*, 2023).

3.3 DEFINIÇÃO DAS CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO

Baseando-se principalmente no modelo de avaliação apresentado por Ferreira e Sanches (2001) no Índice de Qualidade das Calçadas (IQC), levantou-se aspectos que influenciassem a qualidade dos critérios definidos, caracterizando um modelo ideal que cumprisse todas as especificidades. Tal modelo teria a nota máxima 5, sendo retirada certa pontuação a cada aspecto não atendido. Vale ressaltar que além do IQC, consultou-se toda a bibliografia levantada na etapa de definição dos critérios.

4. RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 DEFINIÇÃO DOS PESOS PARA CADA CRITÉRIO NA EQUAÇÃO

Conforme apresentado no item 3.1, pode-se definir os critérios para composição da equação em: segurança; estética; estado de conservação; e localização. A partir desses, montou-se o formulário para levantamento da opinião dos usuários quanto à importância relativa entre eles.

Inicialmente, realizou-se um teste com o formulário a fim de garantir a facilidade em entendê-lo e respondê-lo. Sua versão final foi divulgada e esteve aberta para recebimento de respostas entre os dias 31/05/2023 e 03/07/2023, obtendo 219 respostas.

Para a análise dos dados, gerou-se uma planilha Excel com as respostas e, a partir dela, aplicou-se o Método de Análise Hierárquica. O método foi aplicado separadamente para cada uma das respostas com auxílio do software, obtendo-se diferentes pesos para cada. Após definição dos pesos, aplicou-se as Equações 1 e 2 para cálculo da razão de consistência para cada resposta.

Segundo Saaty (1990), quando RC é maior que 0,1 (10%) pode haver sérias inconsistências nos julgamentos, sendo a aplicação do AHP considerada incoerente. Portanto, optou-se por descartar as respostas que obtiveram $RC > 0,1$, 115 respostas, e obteve-se os pesos finais a partir da Agregação de Julgamentos Individuais (AIJ) das 104 respostas restantes, sendo eles: 0,3392 para o critério Segurança; 0,1232 para o critério Estética; 0,2706 para o critério Estado de Conservação; e 0,2670 para o critério Localização.

4.2 CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO

Com base nos pesos definidos anteriormente, foi possível desenvolver a Equação 4, denominada Índice de Qualidade da Faixa de Pedestres (IQFP):

$$IQFP = 0,3392 * S + 0,1232 * E + 0,2706 * EC + 0,2670 * L \quad (4)$$

onde S representa a nota atribuída para o critério de segurança para a faixa analisada, E a nota atribuída ao critério de estética, EC ao critério de estado de conservação, e L ao de localização.

A seguir, na Tabela 3, apresenta-se o sistema de pontuação utilizado para avaliação de faixas de pedestres. Essa apresenta o modelo ideal (nota 5), levantando-se para cada critério os aspectos a serem observados na faixa de pedestres e em seu entorno. Entretanto, sabe-se que nem todos os aspectos serão respeitados em todas as faixas de pedestres analisadas. Assim, para cada condição não respeitada retira-se certa pontuação, a depender do número de aspectos enumerados.

Tabela 3: Sistema de pontuação para avaliação das faixas de pedestres (continua)

Critério	Aspectos desejáveis	Descontos
Segurança	<ul style="list-style-type: none">- Há visão livre para atravessar- Fácil visualização dos veículos da via pelos pedestres- Fácil visualização da faixa de pedestre pelos veículos- Via iluminada- Há sinalização vertical que alerta ponto de travessia de pedestres- Há canteiro central (ou ilha de refúgio) que possibilita travessia em etapas caso via com mais de 2 faixas de tráfego- Há rampa adequada de acesso às calçadas	Considerando que os aspectos possuem pesos iguais, há 7 deles e $\frac{5}{7} \sim 0,71$, retirar 0,71 ponto a cada aspecto não cumprido
Estética	<ul style="list-style-type: none">- Ambiente limpo- Não há caçambas, lixeiras ou obstáculos nas proximidades da faixa de pedestres- Pintura da faixa de pedestres chamativa- Há calçada no entorno- Calçada possui dimensões e características adequadas para o caminhar- Árvores fazem sombra na região da faixa	Considerando que os aspectos possuem pesos iguais, há 6 deles e $\frac{5}{6} \sim 0,83$, retirar 0,83 ponto a cada aspecto não cumprido

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 3: Sistema de pontuação para avaliação das faixas de pedestres (continuação)

Estado de conservação	- Faixa com pintura visível - Pintura da faixa adequada, limpa e conservada (não desgastada) - Não há manifestações patológicas no pavimento que atrapalhem o atravessar	Considerando que os aspetos possuem pesos iguais, há 3 deles e $\frac{5}{3} \sim 1,67$, retirar 1,67 ponto a cada aspecto não cumprido
Localização	- Faixa de pedestre conecta pontos de interesse na outra calçada (mercados, pontos de ônibus etc.) - Está onde os pedestres atravessam - Sua localização permite a continuidade do caminhar de maneira segura - Possibilita trajetos sem grandes desvios	Retirar 1 ponto a cada 10 m que a faixa se encontra deslocada do destino de interesse

Nota: A pontuação máxima para cada critério é 5

Fonte: Autoria própria (2023)

4.3 ESTUDO DE CASO

A fim de verificar a aplicabilidade do método elaborado, analisar possíveis melhorias a este e analisar a qualidade de faixas de pedestres de uma região, optou-se pela aplicação de um estudo de caso. Tal estudo foi realizado em julho de 2023 pela autora nos limites da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Campus São Carlos.

Com a ajuda do Google Earth (2023), com a ferramenta Street View, levantou-se as faixas de pedestre presentes na Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, Campus São Carlos. Com tais dados, a partir de caminhamento, analisou-se cada faixa de pedestre individualmente segundo método definido anteriormente.

Vale ressaltar que faixas de pedestres que cortavam transversalmente vias de mão dupla foram consideradas uma quando não houvesse quebra brusca no caminhar de uma calçada a outra. Caso houvesse, essas foram analisadas de forma separada.

4.3.1 Resultados das faixas avaliadas

Ao todo foram avaliadas 42 faixas de pedestres, analisando-se características de segurança, estética, estado de conservação e localização. Apresenta-se a seguir (Tabela 4) as notas dadas em cada critério para cada uma delas.

Tabela 4: Resultado das avaliações

Nº da faixa	S	E	EC	L	Nota	Nº da faixa	S	E	EC	L	Nota	Nº da faixa	S	E	EC	L	Nota
1	4,29	4,17	3,33	5,00	4,21	15	2,87	1,68	1,66	3,00	2,43	29	4,29	5,00	3,33	5,00	4,31
2	3,58	4,17	3,33	5,00	3,96	16	2,87	1,68	1,66	5,00	2,96	30	4,29	5,00	1,66	5,00	3,86
3	4,29	5,00	3,33	5,00	4,31	17	2,87	2,51	1,66	5,00	3,07	31	4,29	2,51	1,66	5,00	3,55
4	4,29	4,17	3,33	5,00	4,21	18	2,87	2,51	1,66	5,00	3,07	32	3,58	4,17	1,66	5,00	3,51
5	3,58	3,34	1,66	4,00	3,14	19	2,16	2,51	1,66	5,00	2,83	33	4,29	4,17	3,33	5,00	4,21
6	3,58	2,51	1,66	5,00	3,31	20	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	34	4,29	4,17	1,66	4,00	3,49
7	5,00	5,00	3,33	3,00	4,01	21	2,87	1,68	1,66	5,00	2,96	35	4,29	5,00	3,33	5,00	4,31
8	4,29	5,00	5,00	3,00	4,23	22	4,29	4,17	3,33	5,00	4,21	36	4,29	5,00	5,00	5,00	4,76
9	4,29	5,00	5,00	5,00	4,76	23	4,29	2,51	3,33	5,00	4,00	37	4,29	4,17	3,33	5,00	4,21
10	3,58	5,00	3,33	5,00	4,07	24	3,58	4,17	1,66	5,00	3,51	38	5,00	3,34	3,33	5,00	4,34
11	2,87	2,51	3,33	4,00	3,25	25	4,29	4,17	5,00	5,00	4,66	39	2,87	2,51	1,66	5,00	3,07
12	4,29	3,34	3,33	4,00	3,84	26	2,87	4,17	1,66	5,00	3,27	40	4,29	5,00	3,33	5,00	4,31
13	4,29	3,34	3,33	4,00	3,84	27	5,00	5,00	3,33	5,00	4,55	41	5,00	5,00	5,00	4,00	4,73
14	2,87	1,68	1,66	5,00	2,96	28	4,29	5,00	3,33	5,00	4,31	42	5,00	5,00	5,00	3,00	4,47

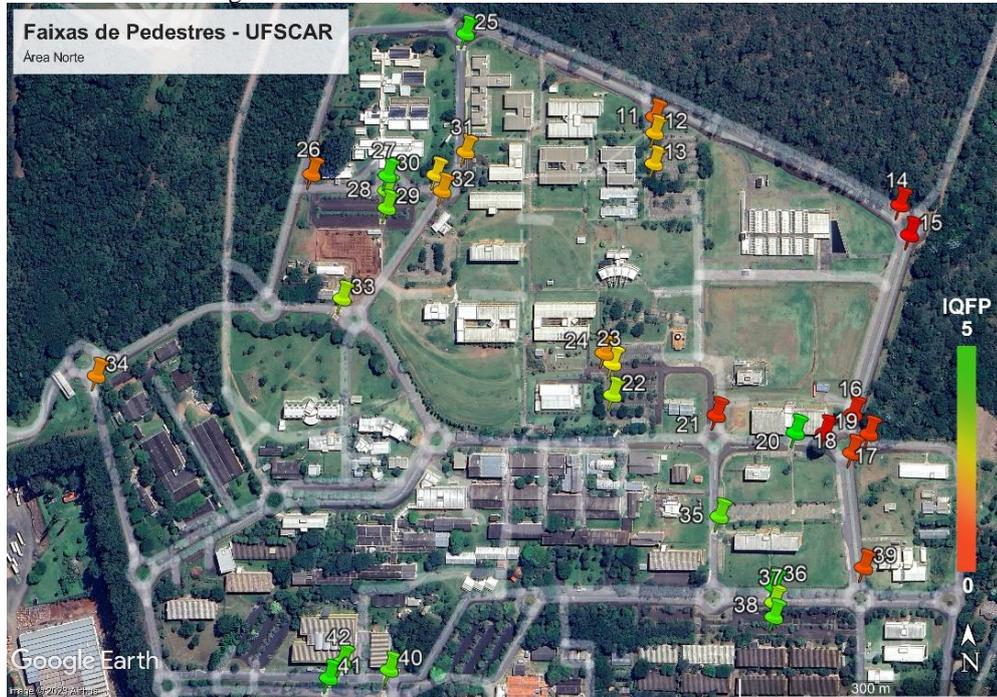
Fonte: Autoria própria (2023)

O critério de Segurança ficou com média geral de 3,94; Estética 3,83; Estado de Conservação 2,97; e Localização 4,67. Dentre os critérios avaliados, o mais deficitário nas

faixas de pedestres da UFSCar é o "Estado de Conservação" visto que a maioria das faixas se encontravam com pintura desgastada ou praticamente apagada.

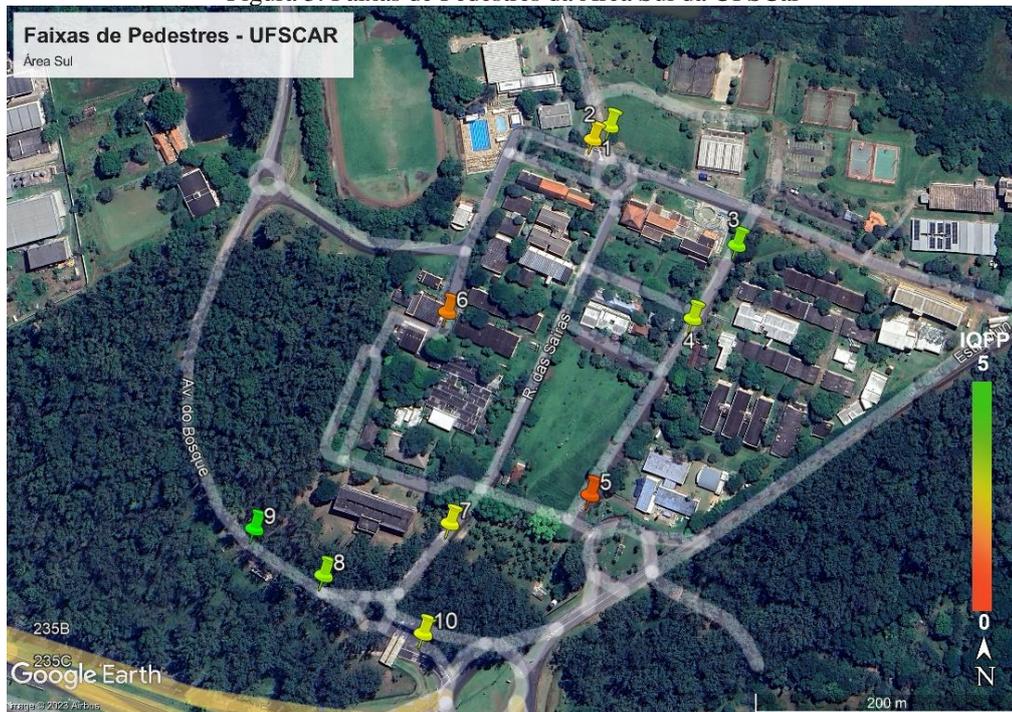
A Figura 2 e a Figura 3 localizam as faixas de pedestres avaliadas no mapa, sendo essas apresentadas em uma escala de cores de acordo com a nota que receberam; em que vermelho seria a pior nota e verde a melhor.

Figura 2: Faixas de Pedestres da Área Norte da UFSCar



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023)

Figura 3: Faixas de Pedestres da Área Sul da UFSCar



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023)

Na UFSCar, os edifícios com maior fluxo de pessoas são os de Aulas Teóricas (ATs), onde ocorrem as aulas em vários períodos do dia, e a Biblioteca Comunitária. Em torno de tais prédios, encontrou-se melhor qualidade das faixas de pedestres, entretanto, em pontos mais afastados do campus, com menor volume de pedestres, as faixas foram avaliadas com piores notas, principalmente no critério de Estado de Conservação.

Tal realidade é justificada visto a limitação de orçamento encontrada em universidades federais, onde deve-se haver foco na manutenção da sinalização em pontos mais críticos com maior demanda, ou seja, maior volume de pedestres e veículos.

Destaca-se a faixa de pedestres número 20, Figura 2, localizada em frente ao Núcleo de Laboratórios de Ensino de Engenharia (NuLEEn), única a receber nota máxima na avaliação.

Com relação ao acesso a pontos de ônibus, destacam-se as faixas de numeração 8 (nota 4,23) e 9 (nota 4,76), na Figura 3, e 27 (nota 4,55), 41 (nota 4,73) e 42 (nota 4,47), na Figura 2, que se localizam logo em frente ou próximas aos pontos, todas bem avaliadas. Comenta-se, entretanto, sobre a inexistência de faixas de pedestres em outros locais do campus com pontos de ônibus.

5. CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido teve como principal objetivo a obtenção de um método que possa ser utilizado em diferentes locais e cenários para avaliação de faixas de pedestres. Para tal, desenvolveu-se uma equação baseada em quatro critérios considerando o cenário ideal para cada um deles; quando aplicada, mostrou-se ferramenta útil na análise da qualidade de faixas de pedestres e na determinação de aspectos a serem melhorados, o que facilita a proposição de medidas de manutenção.

Contudo, ressalta-se que a determinação da importância relativa entre os critérios para cálculo dos pesos da equação foi realizada por um recorte da população e que seria interessante aumentar-se a amostragem, atingindo-se pesos que correspondam a opinião de um maior número de usuários, sendo interessante, se possível, caracterizá-los socioeconomicamente para maiores análises.

Com o estudo de caso, possibilitou-se a análise da aplicabilidade da equação e de suas possíveis melhorias. Dentre elas, percebeu-se a necessidade do refinamento dos pesos de cada aspecto dentro de um critério. Inicialmente considerou-se todos os aspectos com mesmo peso, entretanto, novos levantamentos com usuários poderiam alterar isto. Com tal aperfeiçoamento, aspectos mais relevantes à qualidade de cada critério teriam maior peso e o método condiria ainda mais com a realidade, a opinião dos usuários, suas necessidades e a eficiência da sinalização.

Por fim, quanto à avaliação das faixas de pedestres da UFSCar, estas se mostraram, no geral, bem localizadas e com pavimento adequado. Dentre as carências, destaca-se a ausência de sinalizações verticais que indicassem ponto de travessia de pedestres e pintura deteriorada das faixas. Apesar disso, verificou-se boa qualidade das faixas em pontos de maior demanda, como próximo a edifícios de maior movimento e pontos de ônibus.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. **Guia prático para a construção de calçadas**. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://abcp.org.br/guia-pratico-para-a-construcao-de-calçadas/>. Acesso em: 22 fev. 2023.
- AGUIAR, F. de O. **Acessibilidade Relativa dos Espaços Urbanos para Pedestres com Restrição de Mobilidade**. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Área de Concentração em Planejamento e Operação de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-21042010-193924/pt-br.php>. Acesso em: 8 fev. 2023.
- AGUIAR, F. de O. **Análise de métodos para avaliação da qualidade de calçadas**. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia (CCET), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4248>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- ANTP. Associação Nacional de Transportes Públicos. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Públicos SIMOB/ANTP. **Relatório Geral 2018**, maio de 2020. São Paulo: ANTP, 2020. Disponível em: <http://files.antp.org.br/simob/sistema-de-informacoes-da-mobilidade--simob--2018.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2023.
- BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Segurança Viária**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/rodovias-federais/seguranca-viaria>. Acesso em: 11 fev. 2023.
- CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Transporte Rodoviário: Sinalização**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/48bb2c72-dc94-400d-a39d-4af00031cb94.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2023.
- CONTRAN. Conselho Nacional de Trânsito. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito**. Volume IV, Sinalização Horizontal, Brasília, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/copy_of_04_MBST_Vol_IV_Sinalizacao_Horizontal.pdf. Acesso em: 05 fev. 2023.
- CTB. Código de Trânsito Brasileiro. 4. ed. Brasília: Câmara dos Deputados, 2010. Disponível em: https://transparenciaoficial.com/publish/%E2%80%A2Codigo%20de%20Transito%20Brasileiro-b5ac4_Codigo%20de%20Transito%20Brasileiro.pdf. Acesso em: 18 jan. 2023.
- DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Sinalização Rodoviária**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/743_manuaisinalizacaorodoviaria.pdf. Acesso em: 17 jan. 2023.
- EPPERSON, B. **Evaluating suitability of roadways for bicycle use: toward a cycling level of service standard**. Transportation Research Record 1438, 9-16, 1994. Disponível em: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1994/1438/1438-002.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2023.
- FERRAZ, A. C. P. *et al.* **Segurança Viária**. São Carlos: NEST USP, 2012.
- FERRAZ, A. C. P.; TORRES, I. G. E. **Transporte Público Urbano**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2004.
- FERREIRA, M. A. G.; SANCHES, S. P. **Índice de qualidade das calçadas – IQC**. Revista dos Transportes Públicos – ANTP, Ano 23, 2001, 2º trimestre. Disponível em: <https://mobilidadeape.files.wordpress.com/2015/05/c3adndice-de-qualidade-das-calc3a7adas-antp.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2023.
- FRANÇOZO, R. V. *et al.* **A Web-Based Software for Group Decision with Analytic Hierarchy Process**. MethodsX, p. 102277, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215016123002741>. Acesso em: 09 jul. 2023.
- FURTADO, N.; KAWAMOTO, E. **Avaliação de Projetos de Transporte**. 1 ed. Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, fev. 2002. Disponível em: <http://repositorio.eesc.usp.br/handle/RIEESC/6263>. Acesso em: 13 fev. 2023.
- GOLD, P. A. **Segurança Viária**. IPPUL, Londrina, 1995.

GOOGLE EARTH. UFSCar – Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/>. Acesso em: 25 jul. 2023.

ITDP. Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. **Índice de Caminhabilidade 2.0**: Ferramenta. 2 ed. Brasil, 2019. Disponível em: http://itdpbrasil.org/wp-content/uploads/2019/05/Caminhabilidade_Volume-3_Ferramenta-ALTA.pdf. Acesso em: 21 jun. 2023.

KHISTRY, C. J. **Evaluation of Pedestrian Facilities**: Beyond the Level-of-Service Concept. Transportation Research Record, n. 1438, p. 45-50, 1994. Disponível em: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1994/1438/1438-006.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023.

REID, S. Pedestrian environments: a system review process. Crowthorne: TRL Limited, 2001.

SATTY, T. L. **A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures**. Journal of Mathematical Psychology 15, p. 234-281, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania, 1977. Disponível em: https://superdecisions.com/sd_resources/Paper_ScalingMethod.pdf. Acesso em: 12 jan. 2023.

SAATY, T.L. **How to make a decision: The analytic hierarchy process**. European Journal of Operational Research, v.48, p. 9-26, 1990. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377221790900571>. Acesso em: 08 jul. 2023.

SARKAR S. **Evaluation of Safety for Pedestrians at Macro- and Microlevels in Urban Areas**. Transportation Research Record, n. 1502, p. 105-118, 1995. Disponível em: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1995/1502/1502-012.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023.

SCHÜTZER, K. **A percepção do pedestre sobre a qualidade da paisagem urbana**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia (CCET), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4294>. Acesso em: 21 jun. 2023.

TREVIZANO, W. A.; FREITAS, A. L. P. **Emprego do Método da Análise Hierárquica (A.H.P.) na seleção de processadores**. Anais do XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Porto Alegre: ENEGEP, 2005. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/236036026>. Acesso em: 12 jan. 2023.

Mariana Luiza da Silva Sassaron (msassaron@estudante.ufscar.br)

Fernando Hideki Hirose (sorriso@ufscar.br)

Departamento de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos
Rodovia Washington Luís (SP-310), Km 235 – São Carlos, SP, Brasil