

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

A Gestão Ambiental na Indústria Mecânica-Metal: um estudo de caso

Sarah Cristina Piacentini Pinheiro

São Carlos – SP

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA AMBIENTAL

A Gestão Ambiental na Indústria Mecânica-Metal: um estudo de caso

Sarah Cristina Piacentini Pinheiro

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora:

Prof^a. Msc. **Edna de Almeida Rodrigues**

São Carlos – SP

2021

Banca Examinadora

Trabalho de Graduação apresentado no dia 18 de setembro de 2021 perante a seguinte banca examinadora:

Orientadora:

Prof^a. Msc. Edna de Almeida Rodrigues

Convidada:

Prof^a. Dr^a. Priscila Aparecida Casciotori Frassatto

Professora da Disciplina:

Prof^a. Dr^a. Fernanda Perpétua Casciotori

*"Tudo muda, tudo passa,
neste mundo de ilusão;
Vai para o céu a fumaça,
fica na terra o carvão".*

(Guilherme de Almeida, 1890-1969)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao Cosmos (Deus) por ter me proporcionado a oportunidade de realizar e concluir mais uma graduação na minha vida.

Agradeço a disponibilidade, atenção, prestatividade e orientação da minha orientadora neste processo final de conclusão de curso e aos professores das disciplinas do Trabalho de Graduação, que com muita paciência e dedicação me guiaram e instruíram. Gratidão também pela oportunidade de aprendizado e crescimento ao estagiar e trabalhar na empresa metalúrgica, em especial ao Fernando por todo apoio, prontidão e disponibilidade.

Sou infinitamente grata à minha família, principalmente ao meu esposo e companheiro Jefferson, meus filhos Helena e Theodoro, meus pais Miriam e José Pio, meus irmãos Marco e André, à minha sobrinha Beatriz, aos meus avós Osório e Antônia (*in memorian*), aos meus cunhados Jéssica e Matheus, e à minha comadre do coração Daniela Neves. Vocês são minhas referências e apoio, meu suporte! Amo vocês!

Agradeço especialmente ao meu companheiro de jornada que esteve comigo ao longo de toda esta caminhada, obrigada por me proporcionar o seu companheirismo e a graça de ser mãe; aos meus filhos amados: Helena e Theodoro, que nasceram em meio a este trilhar, e que me inspiram força para seguir buscando ser melhor. Gratidão meus amores!!!

Agradeço honrosamente à minha mãe, que me apoia e me dá suporte em TODAS as ocasiões. Obrigada pelas idas ao polo todas as vezes que tive que trazer meus bebês comigo!!! Obrigada pelas vezes em que ficou com eles quando não pude trazê-los! Você é demais, minha melhor referência !!! Gratidão Universal!

Aos amigos de caminhada, que fiz neste curso e que levarei comigo no coração, especialmente à Milene, Flávia, Letícia e Cássia. Sem o apoio, a ajuda e a amizade de vocês nesta missão, teria sido muito mais difícil e chato! Agradecimentos especiais faço também à tutora Hena Cunha do Polo de Itapetininga (por estar sempre ao nosso lado buscando resolver as situações e necessidades da melhor forma possível), e aos coordenadores e secretários do curso, em especial ao Edilson Milarè, Antônio Carlos Luperni Horta, Manuela Rossit, e Nancira Ribeiro Madi por todo o empenho e esforço em lutar pelo nosso curso, nos estimular e por desempenhar seu papel da melhor forma possível. Aos colegas do curso G7, aos colaboradores e tutores do polo de Itapetininga, aos tutores e professores do curso de graduação da UFSCAR, meu MUITO OBRIGADA!!!

DEDICATÓRIA

DEDICO este trabalho à VIDA e a toda a minha FAMÍLIA.

RESUMO

O presente trabalho foi realizado em uma unidade industrial pertencente à Indústria do Setor Mecânico-Metal (ISM) situada no município de Piracicaba, estado de São Paulo, onde se focou na análise do processo de fundição industrial (metalurgia), a fim de propor a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Para isso, foram analisadas por meio de imagens as etapas envolvendo o processo de produção dos moldes de areia, da fundição da liga metálica, o seu despejamento e arrefecimento até a sua desformação; com a finalidade de sugerir adequações e a adoção de melhorias nos processos da cadeia produtiva. Visou-se também minimizar impactos como a geração de resíduos (principalmente da areia), bem como do consumo de recursos naturais, analisando-se também a possibilidade de obtenção de uma certificação ambiental (ISO 14001 e selos verdes pertinentes). Foi possível detectar pontos de melhorias, tanto relacionados ao consumo de recursos naturais (como a implantação de placas solares e o uso de cisternas) como de gestão dos resíduos (redestinação), concluindo-se que é possível implantar a SGA, contanto que haja investimentos e esforços administrativos e coletivos envolvendo a unidade industrial em questão.

Palavras-chave: Sistema de gestão ambiental, selo verde, indústria metalúrgica,

ABSTRACT

The present work was carried out in an industrial unit pertaining to the Industry of the Mechanical-Metal Sector (ISM or MMS- Metal Manufacturing Subsector) located in municipality of Piracicaba, São Paulo State (Brazil), where it focused on the industrial foundry process (metallurgy). In order to propose the implementation of an environmental management system (EMS or SGA- Sistema de Gestão Ambiental) ~~For this purpose~~, the stages involving: the production of sand molds, from production, metal alloy casting, its, and unshaped by pouring and e ment and cooling until unmold, wherewere analysed by images ~~in order to suggest identify adjustments and areas of improvements and recommend enhancements to the manufacture adoptions to industrial production process~~. The aim was also to minimize impacts such as the generation of waste (mainly from sand) and its natural source consumption, as well as regularize and formalize environmental management systems to seek/pursue certifications like studies toward a possible achievement of an environmental certification (as so ISO 14001 and relative ecolabels (or green seals). As results, process improvement were ~~detected identified improvement points, both to in~~ energy saving (such as the implementation antation of solar panels and the use of cisterns) and waste management, as concerning to wasting management (e.g. redestination). Therefore, we conclude that it is ~~quite~~ possible an SGA-EMS implementation to the studied industry with the opportunity to add product value to increase market share; refer ISM as long as there are investments and administrative ~~and collective~~ efforts to are involved, implement recommended changes for optimize the existing processes to meet required standards.

Key words: Environmental management system, ecolabel, metallurgy.

SUMÁRIO

Banca Examinadora.....	1
RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE QUADROS	9
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Indústria do Setor Mecânica-Metal (ISM).....	13
2.2 Processo de Produção e a Geração de Resíduos	14
2.3 Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e Certificações.....	14
2.3.1 Selos Verdes e o Marketing Ambiental	15
2.4 A Gestão Ambiental e as ISM.....	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1 Área de Estudo	19
3.2 Coleta dos Dados.....	20
3.3 Tratamento e Análise dos Dados.....	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 Demandas por Recursos Naturais da Fábrica.....	28
4.2 Sugestões de Melhorias e Adequação à Implantação da Gestão Ambiental.....	32
4.3 ISO 14001 e Certificação	36
5 CONCLUSÕES	37
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1: Visão geral da empresa: área externa e refeitório.....	22
Figura 4.2: Etapas principais do processo de produção das peças fundidas.	24
Figura 4.3: Etapas do processo de fundição das ligas	25
Figura 4.4: Processos principais de reutilização da areia.....	27
Figura 4.5: Material de descarte.....	27
Figura 4.6: Gráfico relacionando a tonelada de peças, areias, e material descartado	34
Figura 4.7: Gráfico relacionando a tonelada de peças com o consumo de eletricidade	34
Figura 4.8: Gráfico relacionando a tonelada de peças e o consumo de água	34
Figura 4.9: Ausências pontuais do uso de EPI's	34
Figura 4.10: Deposição de areia e presença de poeira industrial no chão da fábrica.....	35
Figura 4.11: Falta de delimitação de áreas perigosas.....	35

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1: Número de colaboradores relacionados com a sua área de atuação.	23
Quadro 4.2: Relação da areia utilizada no processo de fabricação dos moldes, bem como da areia descartada no processo final (dados obtidos de janeiro a julho de 2020).....	28
Quadro 4.3: Relação do consumo de energia elétrica pela fábrica (dados obtidos de janeiro a julho de 2020).	29
Quadro 4.4: Relação do consumo de água da fábrica (dados obtidos de janeiro a julho de 2020).....	30
Quadro 4.5: Relação das médias mensais obtidas para o consumo de água, energia elétrica, e areias utilizadas na produção média mensal de material/peças fundidas.	31

1 INTRODUÇÃO

Em um processo de produção, a matéria-prima entra na indústria e sofre alterações até a finalização de seu produto. Ao longo deste processo, são consumidos insumos e gerados resíduos. Toda atividade industrial gera impactos ao meio ambiente, que podem ser tanto positivos quanto negativos, ameaçando a capacidade suporte do planeta (BARBIERI, 2006). Os impactos negativos podem ser muito significativos, afetando de forma local, regional ou global, colocando em risco a biodiversidade e alterando os processos e funcionalidades ecológicas dos ecossistemas.

O desenvolvimento sustentável visa satisfazer as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras, em satisfazerem as suas necessidades. O conceito de desenvolvimento sustentável deve ser assimilado pelas lideranças de uma empresa como uma nova forma de produzir com o mínimo impacto ao meio ambiente, estendendo essa cultura a todos os níveis da organização (RUPPENTHAL, 2014).

O Sistema de Gestão Ambiental (SGA) visa auxiliar, por meio de um conjunto de procedimentos, a organização empresarial e controlar, compreender e minimizar os impactos atrelados às suas atividades, serviços e ou produtos. Busca a melhoria contínua do desempenho ambiental, modificando atitudes, otimizando recursos e melhorando o custo-benefício de seus processos (RUPPENTHAL, 2014).

Uma boa gestão empresarial ambiental, além de diminuir riscos, favorece e aumenta as oportunidades, como a redução de custos, melhor gerenciamento de recursos e resíduos, minimizando perdas e desperdícios, fortalecendo sua competitividade (FIESP, 2020).

A série de normas ISO 14000 lançadas internacionalmente em 1996, objetiva a criação de um sistema de gestão ambiental que auxilie as organizações a cumprir os compromissos assumidos com o meio ambiente, possibilitando sua distinção das empresas que somente atendem à legislação ambiental, e que não são certificadas (RUPPENTHAL, 2014). Essas normas podem ser aplicadas a todo tipo e porte de empresas, e objetiva o equilíbrio da proteção ambiental (e a prevenção de poluição) com as necessidades socioeconômicas (MORETTI et al., 2008).

Segundo North (1992) os benefícios da gestão ambiental nas empresas podem ser categorizados em econômicos e estratégicos, como o marketing verde e a busca por parcerias. Os benefícios econômicos envolvem a economia de custos, com a redução de insumos, a reciclagem, o reuso, diminuição de efluentes e resíduos, redução de multas por

poluição, e o incremento de receitas com a maior participação e aceitação no mercado interno e externo, agregando maior valor ao produto e incentivando a busca por novas tecnologias e produtos, são exemplos. Já os benefícios estratégicos envolvem o marketing verde que melhora a imagem institucional e renova o portfólio de produtos, o aumento da produtividade a mínimo impacto, o maior comprometimento e responsabilidade socioambiental, o acesso facilitado ao mercado externo, melhora a relação governo-sociedade-ambientalistas, o aumento da capacidade criativa para inovar e buscar novas tecnologias e produtos, dentre outros.

Segundo Serber (2009) a implantação de processos de gestão ambiental (como o conjunto de normas da série NBR ISO 14000), tem se mostrado como ferramentas muito eficientes para as indústrias frente às exigências do mercado e da sociedade atuais. Isto resulta no aumento dos esforços voltados para o desenvolvimento de novas tecnologias menos impactantes ao meio ambiente, na revisão dos processos produtivos que buscam o aumento da eficiência energética, na destinação adequada dos resíduos, e até mesmo no reuso e reciclagem, no estudo do ciclo de vida dos produtos, na adequação à legislação ambiental e de segurança do trabalho, representando melhorias significativas que proporcionam maior crescimento para a empresa.

Segundo o Sebrae (2016) as certificações de sustentabilidade, também chamadas de “selos verdes” ou “eco-selos”, surgiram para auxiliar o consumidor a escolher um produto proveniente de uma empresa preocupada com as questões ambientais e com a sustentabilidade. Dentre as principais categorias analisadas para a indústria estão: a eficiência energética, a gestão da água, o manejo florestal, a gestão de seus resíduos e a proteção à biodiversidade.

O selo verde se trata de uma certificação socioambiental concedida a empresas e instituições que buscam a sustentabilidade para os seus negócios. Ele faz parte do Programa de Certificação pelo Compromisso com a Responsabilidade Socioambiental (PROCERT) e para participar, a instituição ou empresa passa por um processo de avaliação que engloba a um questionário estruturado e visitas técnicas no local, que resultam em um parecer técnico final (CHICO MENDES, 2020).

As certificações ambientais são particularmente bem-vindas no mercado de exportação, sendo que alguns países, principalmente do mercado europeu, exigem de seus fornecedores essa responsabilidade socioambiental.

Com a crescente demanda no mercado pelas empresas responsáveis com a saúde e o meio ambiente, vê-se a oportunidade de implantar um sistema de gestão ambiental numa indústria mecânica-metal (caldeiraria e fundição) que possibilite, além de se adequar às normas de certificação, ganhar maior visibilidade e competitividade no mercado de exportação.

Desta forma, o presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a possibilidade de implantação de uma gestão ambiental efetiva numa indústria de fundição (setor mecânico-metal) a fim de otimizar os processos envolvidos na produção de peças voltadas ao mercado de mineração, petroquímico e indústria de máquinas, visando especificamente a possibilidade de aumentar o seu rendimento, minimizar impactos e custos, e otimizar a gestão dos resíduos.

De forma secundária também foi verificado a possibilidade de se obter uma certificação para essa unidade industrial (ISO e/ou selo verde), buscando-se agregar maior responsabilidade ambiental que permita agregar maior visibilidade para o mercado exterior.

É possível que o maior desafio da pesquisa com relação à implantação de uma gestão ambiental efetiva, esteja no custo imediato associado ao processo de adequação da empresa ao SGA (Sistema de Gestão Ambiental), e no custo a longo prazo para manter seus programas, custear auditorias, sem onerar de forma significativa, o preço do seu produto final.

Com base nestas perspectivas, o presente trabalho pode contribuir para dar base a uma futura implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) visando o impacto mínimo, e a otimização do custo-benefício do sistema de produção da fundição em questão, sem acarretar em grandes investimentos, a fim de torná-lo viável e acessível.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria do Setor Mecânica-Metal (ISM)

O setor da indústria metal-mecânica (ou mecânica-metal – ISM) tem como principal fornecedor de matérias-primas as indústrias de siderurgia, e fabricam peças/máquinas para a indústria automobilística, hidro-mecânicas, de implementos agrícolas, naval, mineração, ferroviária, dentre outras (SERBER, 2009).

A partir da década de 1990 o Brasil ganhou mercado significativo na produção mundial de aço bruto, sendo que a indústria metalúrgica se tornou o oitavo maior setor empregatício nacional, dentre os diversos setores econômicos avaliados (ROCHA, 2016). Nesta mesma época elas também aperfeiçoaram seus processos produtivos (modernizaram) aumentando a produtividade, em relação à década de 1980 em uma taxa média de 9,3% (SERBER, 2009).

As indústrias do Setor Metal-Mecânico (ISM) possuem uma boa expressividade no mercado nacional, sendo que na região do sul do país elas encontram-se mais concentradas, e o estado do Rio Grande do Sul é considerado um dos principais polos metal-mecânicos do país, já que as ISM são responsáveis por cerca de 20% do produto industrial (FURTADO, 2004).

O setor metalúrgico brasileiro também possui uma tradição exportadora estabelecida, apresentando uma boa tecnologia de eficiência e bom domínio tecnológico, com estrutura de produção, e baixo custo de fabricação, o que lhe confere uma competitividade vantajosa (FURTADO, 2001).

Segundo Tibor e Feldman (1996) as indústrias de grande porte apresentam maior interesse e procuram implantar nos seus parques de produção os Sistemas de Gestão Ambiental (SGA's), a fim de se adequar às tendências e/ou padrões de mercado mundiais. De forma geral, o SGA visa a criação de uma política ambiental empresarial, estabelecendo-se objetivos e metas propostas por programas específicos, juntamente com o seu monitoramento e adequações/correções contínuas a fim de se obter um desempenho ambiental satisfatório.

Essa busca pela adequação ambiental não é tão evidente quando se trata de empresas de médio e pequeno porte que em muitos casos não apresentam capital disponível para tal, e que acabam por enxergar as questões ambientais como um entrave representado pela punição, na forma de multas, e obrigação no cumprimento da lei, quando a mesma é exigida.

2.2 Processo de Produção e a Geração de Resíduos

A geração de resíduos sólidos consiste em um dos maiores problemas da atualidade devido ao elevado crescimento populacional, do processo rápido e crescente de uso e ocupação do solo e do aumento dos bens de consumo considerados descartáveis (VALÉRIO; SILVA; COHEN, 2008).

A metalurgia pode ser definida como o conjunto de técnicas, onde o homem obtém e manipula metais, gerando ligas metálicas, basicamente pelo processo de fundição (CAMPOS; DAVIES, 2008).

Nas ISM's os tipos de resíduos variam conforme o produto a ser fabricado, variando na concentração e volume, o que também está atrelado ao porte da empresa. Segundo Lerípio (2004) os resíduos sólidos resultantes dos processos metalúrgicos apresentam composições químicas variadas, e dependem da matéria-prima envolvida no processo de produção, correspondendo basicamente a carepas (oxidação do aço), cavacos, lamas, maravalhas, escórias e/ou areias de fundição, além de retalhos e sobras de cortes de chapas de aço, ou outros metais, tintas, solventes e embalagens. Como impactos diretos destes elementos, podemos ter a contaminação do solo, do ar e das águas, superficiais e subterrâneas se for o caso, bem como da poluição térmica e sonora produzido pelas máquinas pesadas.

Grande parte dos resíduos gerados podem ser reaproveitados, seja pela mesma indústria, ou seja, por indústrias de outro setor, como é o caso da escória de aciaria elétrica, de cobre, e do alto forno, que são conhecidamente usadas em obras civis em alguns países desenvolvidos (CAMPOS; DAVIES, 2008). A areia utilizada nos moldes de fundição pode ser reaproveitada no próprio processo de produção, sendo que o seu excedente também pode virar matéria-prima para a indústria civil (como na produção de concretos, tijolos, telhas, etc), como sugerido por Mirek e Fröhlich (2004).

2.3 Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e Certificações

Devido à pauta ambiental ser considerada recente (iniciada de forma discreta na década de 1940), nas últimas duas décadas ela ganhou força e destaque principalmente no cenário internacional, impulsionada pelos países mais desenvolvidos. As empresas brasileiras, no entanto, parecem estar mais envolvidas nesse processo devido ao impulsionamento gerado pela legislação ambiental, juntamente com a crescente pressão internacional que atualmente exigem posturas ambientalmente responsáveis. Essa pressão é principalmente reconhecida

na forma de se condicionar financiamentos, apoios e projetos de capital externo (MAIMON, 1994).

Essa forte tendência mundial na implementação de sistemas de gestão ambiental (SGA) surgiu como estratégia de mercado frente às crescentes exigências ambientais de seus clientes/ consumidores. Empresas de diversos setores vêm assumindo uma posição pró-ativa na área da gestão ambiental, movidas não somente por imposições legais, mas também para superarem as barreiras comerciais não tarifárias que poderão advir com a implantação da ISO 14000, exigidas pelas empresas atentas à qualidade e responsabilidade ambiental, envolvidas no processo de produção dos produtos e serviços (especialmente no mercado externo) (TIBOR; FELDMAN, 1996).

A necessidade de busca por melhorias na qualidade ambiental global é sentida por meio do número crescente de empresas brasileiras que passaram a adotar as normas da série ISO 14.000, a fim de colocar em primeiro plano a saúde e a qualidade ambiental juntamente com o seu processo de produção. Isso é verificado por meio do estudo realizado por Pombo e Magrini (2008) que apontaram que até 2005 cerca de 1800 certificações foram emitidas no Brasil, dentre as quais 6% foram para a indústria de metalurgia. Em 2008 o mesmo estudo verificou a emissão de aproximadamente 500 certificações emitidas a mais (totalizando 2300), o que corresponde a um aumento da ordem de 28% em três anos.

De forma análoga, é possível perceber também um número crescente de empresas, pertencentes a diferentes setores, que buscam a adoção dos selos de qualidade, para que os consumidores sejam capazes de identificar rapidamente os produtos ecologicamente corretos (TAUCHEN, 2009), fato esse evidenciado pelo aumento do marketing ambiental, e pelo surgimento de novas empresas certificadas.

Neste sentido, é esperado que os selos verdes deverão, nos próximos anos, estar presentes na maioria dos produtos comercializados. Nas indústrias do setor metal-mecânico (ISM) essa busca/tendência já pode ser observada, com resultados bastante positivos.

2.3.1 Selos Verdes e o Marketing Ambiental

Os "selos verdes", também chamados de "eco-selos" fazem parte das certificações de sustentabilidade. Eles foram criados com o intuito de auxiliar o consumidor na decisão de compra, pois a sua presença é indício de que a empresa possui preocupações com o meio ambiente e a sustentabilidade. As principais categorias envolvidas no processo são: a

eficiência energética, a gestão da água, os alimentos orgânicos e veganos, o manejo florestal, a gestão dos resíduos e a biodiversidade (SEBRAE, 2016).

Os selos verdes trazem benefícios como: a redução de custos (já que focam na otimização/redução da matéria-prima, por meio de técnicas de reuso, reciclagem e reutilização), agregam maior valor e visibilidade para a empresa (ganho de parcerias e consumidores ambientalmente responsáveis), e contribui para uma sociedade mais sustentável e menos poluidora.

Segundo o Sebrae (2016) existem disponíveis no Brasil, cerca de 30 certificações verdes, sendo que para a indústria somente algumas delas são aplicáveis, como:

1. *Carbon Trust Standard*: Este selo leva em consideração o consumo de energia, as emissões de CO₂ e o consumo de água, adotando e priorizando processos mais eficientes de produção.
2. A ISO 26000: Este selo aborda as diretrizes acerca da responsabilidade social nas empresas. Essa norma fornece informações para qualquer tipo de organização interessada na responsabilidade social, apresentando princípios e práticas relativas. Este selo tem natureza voluntária e não apresenta finalidade de certificação.
3. A ISO 50001: Trata-se de uma norma sobre Sistema de Gestão de Energia, levando-se em consideração as melhores práticas conhecidas no mundo. Essa certificação visa medir e monitorar o uso de energia com o objetivo de identificar pontos que podem ser melhorados, buscando reduzir as emissões de carbono e atingir metas de redução do mesmo (otimização da gestão energética).
4. A OHSAS 18.001: Se trata de uma norma de Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional (SGSSO) que visa proteger e assegurar um ambiente de trabalho saudável e seguro para os colaboradores da empresa. Assim, as empresas que recebem esse selo possuem uma maneira de identificar e controlar de forma consistente os riscos à saúde e segurança de seus empregados, minimizando os riscos de acidente de trabalho.
5. ISO 14000: Essa norma internacional é oferecida no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e ela certifica o sistema de gestão ambiental de empresas e empreendimentos de qualquer setor. Para tanto, leva em consideração fatores como o uso racional de recursos naturais, a proteção de florestas e a preservação da biodiversidade. Esta é o conjunto de normas mais difundido e de interesse no ramo industrial no Brasil.

2.4 A Gestão Ambiental e as ISM

Segundo Meneguetti (2012) a gestão ambiental está intimamente relacionada à maneira com a qual os gestores conduzem os problemas ambientais, já que suas ações determinam diretamente na aplicação das medidas que promovem a busca pelo desenvolvimento sustentável, visando o mínimo impacto. O autor também enfatiza que quando aplicada de forma eficiente, a gestão ambiental, viabiliza a redução de custos diretos, como a minimização do desperdício da matéria-prima e recursos naturais. Ademais auxiliam na redução de custos indiretos, como as sanções, compensações e indenizações relacionadas aos impactos ambientais e sociais, previstos na legislação.

Os autores Vieira, Ventura e Ventura-Júnior (2015) constataram que com a adoção da gestão ambiental nas empresas, bem como das certificações, os investidores e o público em geral reconhecem seus produtos e serviços de forma diferenciada, propiciando ampliação de mercado e atrelando uma imagem positiva à empresa.

Tauchen (2009) também afirma que a preocupação com a qualidade de vida estimula os investimentos na área ambiental, e que ser cliente ou colaborador de uma ISM que se preocupa com a qualidade de vida, e conseqüentemente adota comportamentos mais responsáveis com o meio ambiente, motivando as pessoas que, além de fazer uma propaganda positiva, carregam e disseminam esses valores para o seu cotidiano.

A empresa siderúrgica de aço longos Arcelor Mittal recebeu no final de 2011 a certificação ambiental que atende as construções verdes. O processo de fabricação de aço da Arcelor Mittal obedece a critérios estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que permite aos clientes identificar os produtos que atendem às necessidades da construção civil sustentável. A empresa foi capaz de aumentar a eficiência na produção do aço por meio de processos mais limpos, que economizam energia e água. O selo foi concedido principalmente devido ao emprego de sucata como matéria-prima, e ao biorredutor vegetal (carvão vegetal, usado como matéria-prima em altos-fornos) no processo de transformação do aço. A reciclagem da matéria-prima abastece um terço da produção global do grupo, que é a maior fabricante mundial de aço. No Brasil, a sucata alcança participação de 60% a 73% (índice atingido na unidade de Piracicaba) das 2,7 milhões de toneladas anuais de capacidade instalada nas fábricas certificadas (BRASIL ECONÔMICO, 2020).

Segundo um trabalho realizado por Dal Moro e colaboradores (2015) avaliando a questão ambiental em 18 indústrias do Rio Grande do Sul, fabricantes de estruturas metálicas e esquadrias de metal de pequeno e médio porte, constataram que todas elas se mostraram deficientes em algumas questões avaliadas, já que nenhuma empresa apresentou um sistema de gestão ambiental e muitas delas não têm nem conhecimento sobre a importância do sistema. As empresas de pequeno porte (algumas de natureza familiar) foram as que mais apresentaram deficiência, tanto de informações como de investimentos na área ambiental. Desta forma, os autores concluíram da necessidade de estímulo dos órgãos regulamentadores, para estimular e auxiliar pela busca na implantação e melhorias da gestão empresarial, incentivando-as a otimizar o seu processo produtivo atendendo aos requisitos legais exigidos pela legislação ambiental.

Alguns trabalhos também envolveram a análise e viabilidade da implantação dos sistemas de gestão ambiental, e até processos de produção mais limpa, nas indústrias ISM em diferentes regiões principalmente no Sul do Brasil, como é o caso do Vale do Rio dos Sinos, RS (EDINGER et al., 2012; THEIS; SCHREIBER, 2015; STUMPF, THEIS; SCHREIBER, 2018), em Panambi, RS (WINDMÖLLER, 2014), e no Noroeste (MIREK; FRÖEHLICH, 2004; TAUCHEN, 2009; BENNEMANN, 2012), e região Central (HOLLVEG, ADAMY; ROSA, 2015) do estado do Rio Grande do Sul; no Meio-Oeste Catarinense (TESSER, BAHÚ; FERNANDES, 2006), e no Paraná (RODRIGUES, 2018).

Edinger e colaboradores (2012) chegaram à conclusão de que é possível deixar uma empresa de pequeno porte em conformidade com a legislação ambiental sem despender grandes investimentos. Ressaltaram ainda que principalmente para as empresas de pequeno porte que não dispõe de recursos para contratar consultorias ambientais ou investir em profissionais qualificados que atuem nas causas ambientais, seria primordial ter acesso a um programa de auxílio municipal, que possa esclarecer, e orientar sobre as adequações ambientais necessárias, antes de puni-las por meio de multas.

Percebe-se, portanto, a importância da gestão ambiental empresarial/industrial nas relações econômicas ambientais e sociais, e o crescente envolvimento do setor das indústrias de mecânica-metal na busca pela implantação e melhorias da gestão ambiental empresarial, o que por si só justificam a escolha e realização deste trabalho.

Espera-se desta forma, que o presente trabalho contribua de forma efetiva para a implantação de um sistema de gestão ambiental numa empresa de médio porte do setor mecânico-metal, mais precisamente numa unidade de fundição de peças metálicas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O presente trabalho foi realizado em uma indústria pertencente ao setor de mecânica-metal, com sua matriz situada no Bairro Paulista no município de Piracicaba (23K 227899 E/ 7482822 S- UTM), estado de São Paulo. A empresa possui uma segunda unidade no bairro industrial Uninorte da mesma cidade (23K 232925 E/ 7490907 S - UTM), onde somente se operam as atividades relacionadas à moldagem e fundição das ligas metálicas, sendo todo o resto trabalhado e montado na sua empresa matricial (engenharia, mecânica, rebarbação, caldeiraria e montagem).

A empresa foi fundada em 1955, e era especializada na fabricação e manutenção de equipamentos para a indústria sucroalcooleira. Com o decorrer do tempo ela se diversificou, resultando no desenvolvimento de uma linha de equipamentos com tecnologia própria voltados para o mercado de mineração, atuando tanto no mercado interno como externo, exportando principalmente para países latino-americanos (*comunic. pess.*).

A unidade de fundição (situada no Bairro Industrial Uninorte) atende não só os fundidos para sua diversificada linha, como também a um número substancial de empresas que atuam no ramo de válvulas, turbinas, peças para ferrovias, indústria petroquímica, de máquinas, dentre outras. Essa unidade de fundição é o escopo do presente trabalho.

Atualmente essa unidade trabalha com cerca de 70 ligas metálicas, em conformidade com as normas norte americanas ASTM (*American Society for Testing and Materials*) e SAE (*Society of Automotive Engineers*), e a alemã DIN (*Deutsches Institut für Normung*), entre outras exigidas conforme a demanda, para os mais variados segmentos (ex. mineração, ferroviário, petroquímico, válvulas, turbinas, etc). A sua divisão de fundidos dispõe dos mais modernos equipamentos para moldagem, fusão e tratamento térmico, sempre acompanhado de um rigoroso controle de qualidade, realizando testes periódicos junto a laboratórios químicos e físicos (como espectrometria de emissão óptica, metalografia e ensaios destrutivos), garantindo as condições perfeitas para a produção de aço carbono, aço manganês, aço inoxidável, aço refratário, ligas em alto cromo e outras ligas resistentes a impacto e abrasão, como por exemplo: mandíbulas, cones e mantos, martelos, revestimentos em geral, laminas, grelhas, e demais peças para reposição para equipamentos de mineração. Possui também modelação própria e um acervo de modelos de peças com as mais variadas marcas e modelos (*comunic. pess.*).

A unidade de moldagem e fundição conta com 56 colaboradores que trabalham num barracão amplo e arejado. O local também conta com um depósito onde se armazenam os contra-moldes das peças fundidas, que podem ser de madeira, metálicas e até mesmo de isopor para peças únicas, que fica a parte do barracão de produção.

No barracão industrial, onde as peças são produzidas, há um forno elétrico com potência de 1200 kW capaz de gerar energia para alimentar as duas caldeiras de fundição, onde o aço/ferro é fundido juntamente com as ligas de interesse, utilizados na fabricação de suas peças.

Trata-se de uma empresa que se intitula preocupada com o meio ambiente, estando atenta para a qualidade de vida do ser humano, direcionando suas atividades para o cumprimento das normas das séries NBR ISO 9000 (Sistema da Qualidade) e ISO 14000 (Meio Ambiente). Contudo, ainda não possui nenhuma delas, o que demonstra a importância e o interesse no presente estudo.

3.2 Coleta dos Dados

A pesquisa foi desenvolvida na forma de uma análise remota investigativa, referente às condições de trabalho da empresa, que até o momento não possui nenhuma norma de adequação ou sistema de gestão ambiental vigente.

Desta forma, os dados aqui trabalhados foram de natureza secundária, não havendo a coleta direta dos mesmos. Foram realizadas pesquisas bibliográficas via internet, principalmente nas bases de dados científicos disponíveis (como o Portal Capes e o repositório de publicações da UFSCar- Universidade Federal de São Carlos), obtendo-se monografias, dissertações, trabalhos em eventos científicos como Anais e Congressos, teses e artigos referentes ao tema abordado, além de realizar consulta às informações disponibilizadas pela própria empresa.

Os dados referentes ao processo de produção foram obtidos junto à empresa, que os disponibilizou e tirou dúvidas por meio de *e-mails*, *webconferências* e via telefone. Os principais dados obtidos foram: fotos das etapas de produção e das instalações da empresa (parte operacional), dados de consumo e manejo dos recursos naturais, como: média mensal da quantidade de material metálico fundido, média mensal da areia nova e reutilizada usadas, consumo médio mensal de energia elétrica, e de água, e média mensal da quantidade de resíduos gerados.

3.3 Tratamento e Análise dos Dados

Os dados foram avaliados de forma quali-quantitativa, abordando tanto os aspectos qualitativos relacionados às condições físicas encontradas na produção, como quantitativos relacionados ao consumo de recursos como: água, energia, geração de resíduos, etc. Além do mais houve uma análise da literatura que além de embasar o trabalho, auxiliou na comparação, quando possível, e no direcionamento das medidas de gestão ambiental passíveis de serem implantadas.

Esses dados foram avaliados de forma separadas, sendo que a pesquisa qualitativa ocorreu por meio da análise das imagens/fotos recebidas, e a quantitativa por meio das informações obtidas junto à empresa, analisados em forma de tabelas e gráficos.

Como o objetivo principal do presente trabalho foi o de propor uma futura implementação de um sistema de gestão ambiental nessa unidade industrial, buscou-se quando possível, pensar em soluções como parcerias ou melhorias no sistema de produção a fim de torná-lo o menos impactante e o mais sustentável possível.

De forma paralela e complementar, avaliou-se a possibilidade de obter uma certificação ambiental (ISO 14000) ou um selo verde, que além de agregar maior responsabilidade e compromisso ambiental, poderá proporcionar uma maior visibilidade e ampliação/conquista para os mercados e consumidores que buscam produtos provenientes de cadeias mais responsáveis e sustentáveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A empresa estudada apresenta três prédios principais: um envolvendo a área administrativa e o refeitório (com cozinha e banheiros), outro referente ao desenvolvimento e armazenamento dos contra-moldes, e o maior deles aonde são realizados os moldes de areia, a fundição das ligas metálicas, o despejamento do material incandescente nos moldes, o esfriamento e desmolde das peças.

O prédio envolvendo a área administrativa, no momento do estudo estava somente com a área do refeitório e banheiros operantes, haja visto que toda a parte administrativa da empresa se concentra na filial da mesma (Figura 4.1).



Figura 4.1: Visão geral da empresa. Em **A**: área externa. Da esquerda para a direita estão a área administrativa, o refeitório e a fábrica; e **B**: interior do refeitório.

Esta unidade industrial conta com 56 colaboradores, que estão distribuídos conforme o Quadro 4.1 a seguir.

Quadro 4.1: Número de colaboradores relacionados com a sua área de atuação.

Número de Colaboradores	Área de Atuação
48	Produção
1	Encarregado de Produção
1	Técnico de Laboratório
1	Inspetor de Qualidade
1	Apontador
1	Almoxarife
1	Faxineiro
1	Cozinheira
1	Auxiliar da Cozinha

A produção industrial se distribui em dois galpões, um deles é onde se realiza e se armazenam os contra-moldes das peças a serem fundidas, processo que envolve desde a mensuração ao seu acabamento; e o outro, como já mencionado, é um barracão bem maior que abriga quatro pontes rolantes, onde ocorrem os processos de fundição e fabricação das peças metálicas.

Os contra-moldes, que podem ser feitos tanto de madeira como isopor, consistem em peças fabricadas com precisão, e podem ser reutilizadas várias vezes, sendo estocados em um local limpo, organizado e arejado (como pode ser observado na Figura 4.2A).

Após a obtenção dos contra-moldes, o mesmo é preenchido com uma mistura de areia e resina, na proporção de 70% da areia reutilizada do próprio processo de produção dos moldes, e 30% de areia nova. Essa areia precisa ter uma granulometria específica que ao se juntar à resina, apresente uma boa aderência. Após essa mistura de areia com resina ser bem compactada no contra-molde, o mesmo vai ao forno em temperaturas elevadas, que derrete a resina formando assim os moldes. Quando os mesmos se apresentam resfriados por meio do descanso da peça ao ar livre, são desenformados e já estão prontos para receber a liga metálica incandescente.

Com o auxílio de esteiras rolantes que transportam os moldes, e da ponte rolante que transporta a caldeira, o material incandescente vai sendo despejado de forma guiada nos moldes de areia onde, após horas de descanso, é levado ao seu resfriamento total realizado pela sua imersão em um reservatório com água a temperatura ambiente. É importante mencionar que esse resfriamento por imersão na água acontece quando a peça já está bem arrefecida, a fim de evitar trincas por choques térmicos, e que o tempo de resfriamento varia conforme o tamanho e densidade da peça. Após esse processo, a peça pode ser desformada.

As principais etapas do processo de fabricação das peças metálicas podem ser visualizadas na Figura 4.2 a seguir.

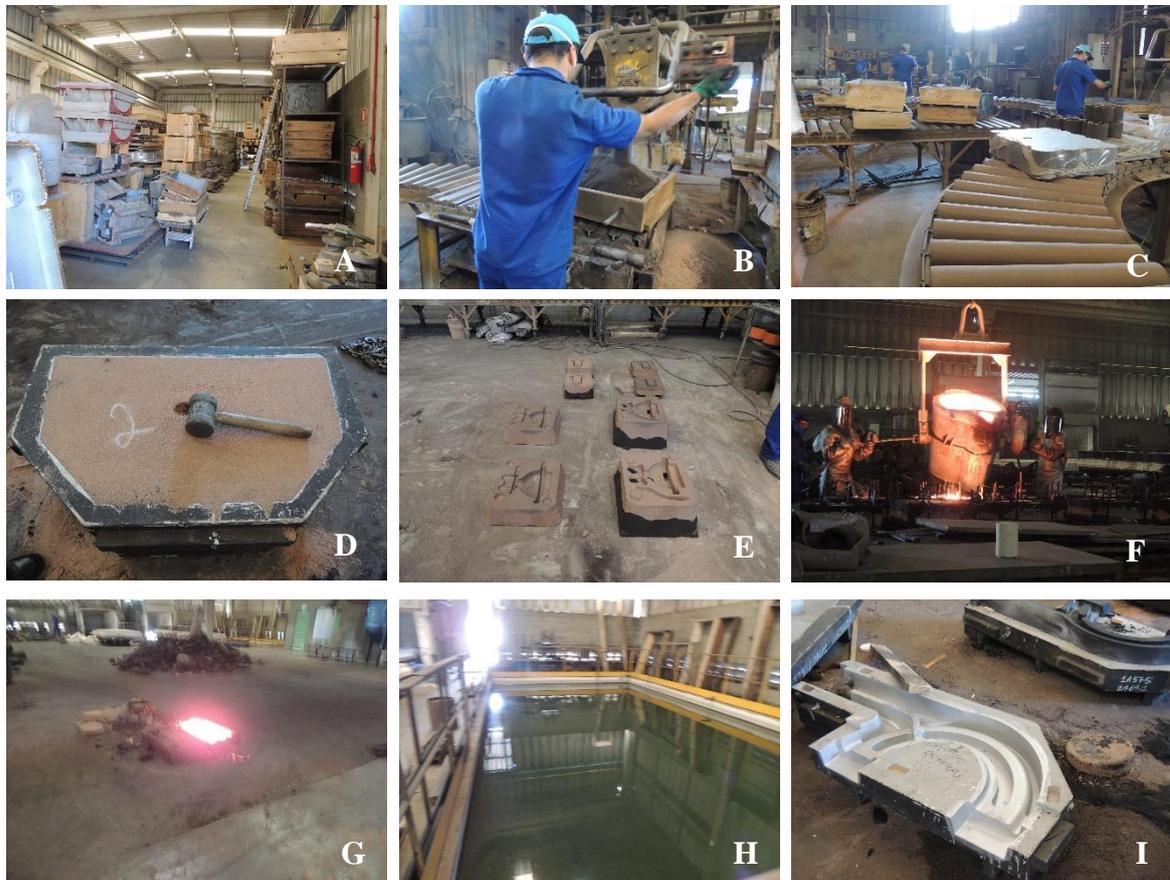


Figura 4.2: Etapas principais do processo de produção das peças fundidas. Em: **A.** Galpão de armazenamento dos contra-moldes das peças fabricadas na metalúrgica; **B.** Areia sendo despejada no contra-molde, após ser selecionada (granulometria adequada). Notar que a areia escura é referente à areia reutilizada no processo, correspondente a 70% do total; **C.** Esteira rolante por onde os moldes e contra-moldes são transportados; **D.** Contra-molde cheio de areia prensada pronta para ir ao forno. Notar a coloração mais clara da areia, correspondente à areia nova que fica em contato direto com o metal (juntamente com a liga) fundido (30% do total); **E.** Moldes prontos e resfriados para receber o metal e a liga fundidos; **F.** Caldeira com o material (metal + a liga) fundidos prontos para serem despejados nos moldes; **G.** Molde preenchido com o material fundido e deixado para resfriar (o processo de resfriamento pode durar horas em peças pequenas e até vários dias em peças grandes); **H.** Reservatório de água destinado ao processo de resfriamento das peças, no estágio mais arrefecido, para evitar o trincamento; **I.** Peça desformada após seu esfriamento total.

Já o processo de fundição e da reutilização da areia serão comentados a seguir.

Processo de Fundição da Liga Metálica:

No processo de fundição a empresa trabalha com cerca de 70 ligas metálicas diferentes. Conforme a demanda da peça: seu uso e finalidade, a porcentagem de cada liga é calculada e misturada com o ferro, que em geral é o metal mais utilizado. Os fornos utilizados são

elétricos de indução, de altíssima potência (1200 KW) e alcançam elevadas temperaturas, podendo ser superiores a 1000 °C.

É interessante mencionar que cada metal possui seu ponto de fusão (ponto em que se torna líquido) diferente. Desta forma, cada composição metálica tem uma temperatura certa para ser produzida (fusão dos metais envolvidos relacionados com o peso e densidade a ser trabalhado).

Há também um sistema de resfriamento anexo à matriz energética (forno) que ocorre por meio da circulação constante de água. Essa torre de resfriamento apresenta um sistema todo fechado de circulação da água (*turn over*), que é sempre reutilizada neste processo. Embora não se descarte a água, uma parte dela evapora, sendo necessária a sua reposição.

Algumas das etapas mencionadas podem ser visualizadas na Figura 4.3 a seguir.

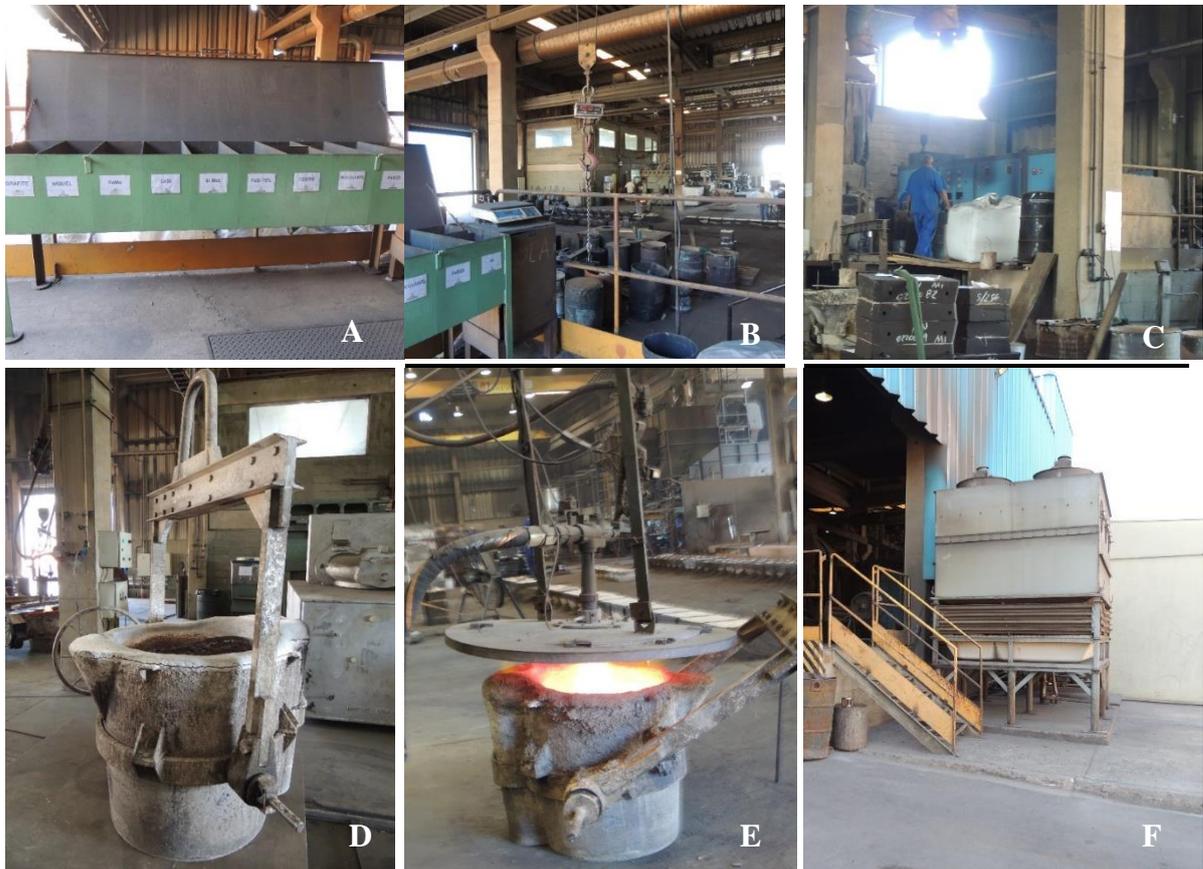


Figura 4.3: Etapas do processo de fundição das ligas. Em: **A.** Armazenamento de algumas das 70 ligas utilizadas (dependendo do tipo e demanda a ser utilizada); **B.** Balança e equipamentos de medição precisos que garantem a quantia certa da liga a ser fundida junto ao metal (dependendo do tipo de peça a ser produzida); **C.** Em azul está a matriz de produção energética (forno de 1200 KW) que alimenta as duas caldeiras (por meio de resistências elétricas) de fundição; **D.** Caldeira resfriada, a ser preparada para ir ao forno; **E.** Caldeira incandescente, pronta para o seu despejamento nos moldes; **F.** Torres de resfriamento da água, que arrefece o forno elétrico. É interessante mencionar que o *turn over* dessa água é completo (ciclo fechado).

Com relação ainda à torre de resfriamento, pelo fato de a água ficar circulando nesse sistema fechado, é necessário realizar o tratamento periódico da mesma com produtos químicos de ação anti-incrustação, já que a água potável apresenta sais que podem ir se precipitando ao longo do processo. O tratamento também visa minimizar a ação corrosiva e a propagação de microrganismos na água, e consiste do uso de substâncias químicas como alguns polímeros de ação flocculante e/ou dispersante. Neste tratamento, uma parte da água é descartada juntamente com os agentes químicos envolvidos na limpeza. Tratamento análogo também é empregado no sistema aberto de resfriamento de peças (Figura 4.2H), que eventualmente é limpo com aspiradores e produtos químicos que auxiliam na correção do pH e da acidez, bem como da remoção de partículas e microrganismos indesejados.

O impacto do uso e descarte destes produtos químicos é inerente ao processo de resfriamento adotado, já que ele evita a substituição total periódica do montante de água envolvida no processo de resfriamento.

Processo de Reutilização da Areia:

Ao se retirar a peça metálica final do molde de areia, o mesmo é destruído. Essa areia com resina é levada para uma esteira vibratória que por meio do atrito/agitação entre elas diminui o tamanho dos pedaços, até que passem por uma peneira. Ao serem coletados pela peneira, essa areia entra numa esteira que separa a areia de restos metálicos, por meio de um eletroímã, e após essa separação, com a granulometria correta, ela vai para um silo de armazenamento da areia, pronta para ser reutilizada.

A areia que não se separa e que não é recuperada no processo geralmente está bem agregada ainda à resina, e pode conter restos de sucata também. Neste caso, ela é descartada para o aterro industrial e corresponde a cerca de 30% da areia utilizada nos moldes.

A Figura 4.4 mostra as principais etapas do processo de recuperação da areia: peneiramento, separação e armazenamento. Já a Figura 4.5 mostra o container de armazenamento da areia com resina e sucata que não pôde ser recuperada no processo e serão descartados no aterro industrial.



Figura 4.4: Processos principais de reutilização da areia. Em: **A.** Esteira vibratória, que por meio da agitação/atrito faz com que os aglomerados se desfaçam em partículas bem menores; **B.** Processo de separação da areia. A esteira leva a areia, que é separada dos restos metálicos, e passa por um filtro que garante a granulometria certa para o seu reuso, levando-a até o reservatório; **C.** Sucata (restos metálicos) separada dos aglomerados por meio de um eletroímã, e que será reutilizada no sistema de produção; **D.** Reservatório da areia recuperada a ser reutilizada (silo).



Figura 4.5: Material de descarte (areia queimada, com resina e sucata) referente ao que não se consegue reutilizar como matéria-prima, em container a ser transportado para o aterro industrial.

4.1 Demandas por Recursos Naturais da Fábrica

Pelos dados médios obtidos (de janeiro a julho de 2020), a quantidade descartada de areia com sucata e resina é de cerca de 246 toneladas por mês, referentes a média de 108 toneladas de material fundido (peças) produzidas. Dentre essas 246 toneladas, está a areia que não pode ser recuperada novamente no processo de produção, a resina que dá a liga ao molde e as rebarbas e restos de sucata que não puderam ser recuperadas na separação.

O consumo da areia pode ser visto no Quadro 4.2, notando-se que a quantidade de areia descartada (toneladas) é referente à 30% da soma da areia nova com a areia já reutilizada do processo anterior. Embora a taxa de recuperação e reuso da areia seja de 70%, ela não volta imediatamente para o processo, sendo armazenada e utilizada conforme as demandas futuras. A relação do uso de areia nova e areia reutilizada varia conforme o tamanho da peça a ser fabricada, pois é necessário que a areia nova esteja em contato com o metal fundido (estando a areia reutilizada e mais queimada no preenchimento do molde que não estará em contato direto com a peça). Desta forma, a relação da areia nova com a reutilizada é bem variável conforme a demanda e tamanho das peças produzidas por mês, não seguindo à risca a relação empírica de 30% e 70% respectivamente na produção da tonelada de material fundido.

Quadro 4.2: Relação da areia utilizada no processo de fabricação dos moldes, bem como da areia (com a resina e a sucata) descartada no processo final (dados de consumo relativos de janeiro a julho de 2020).

Mês	Ton. Areia nova ~30%	Ton. Reutilizada (~70%)	Ton. Descartadas
Janeiro	107,06	74,942	54,60
Fevereiro	187,27	131,089	95,51
Março	175,35	122,745	89,43
Abril	160,99	112,693	82,10
Mai	215,12	150,584	109,71
Junho	205,1	143,57	104,60
Julho	302,09	211,463	154,07
Média mensal	193,28	135,30	98,57

Na figura 4.6 é possível avaliar a relação intrínseca na variação mensal do consumo das areias (novas e reutilizadas) com a produção de peças fundidas (toneladas).

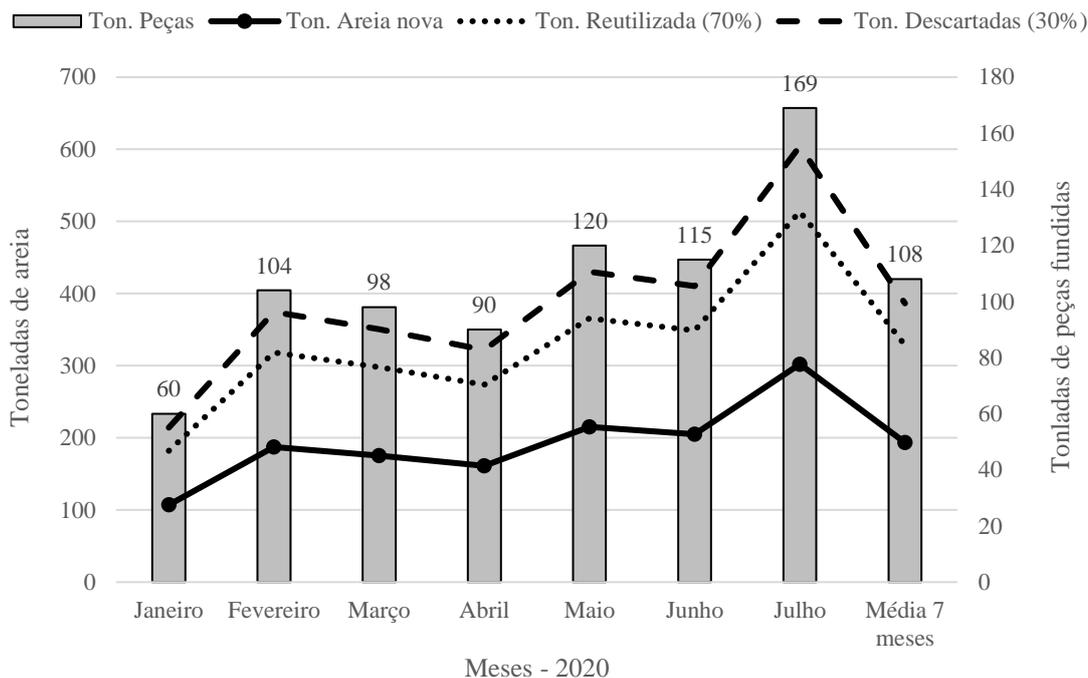


Figura 4.6: Gráfico relacionando a tonelada aproximada produzida em cada mês, e as toneladas de areia nova utilizadas, areia reutilizada, e a areia com resina e sucata descartados no processo de fundição das peças.

Com relação ao consumo de energia obtido para a fábrica, a média mensal de consumo gira em torno de 155,4 MW.h. Esse consumo envolve desde a iluminação das instalações como a alimentação contínua dos fornos. Os dados relativos aos meses avaliados podem ser visualizados no Quadro 4.3.

Quadro 4.3: Relação do consumo de energia elétrica pela fábrica (dados obtidos de janeiro a julho de 2020).

Mês	MW.h consumidos
Janeiro	74,26
Fevereiro	138,08
Março	143,31
Abril	170,73
Maio	196,85
Junho	171,82
Julho	191,48
Média Mensal	155,36

Na figura 4.7 é possível avaliar que, embora a quantidade em toneladas de peças produzidas tenha variado consideravelmente entre os meses, o consumo de energia elétrica

variou pouco, já que os fornos de indução, responsáveis por boa parte do consumo de energia elétrica da fábrica, não podem ser desligados.

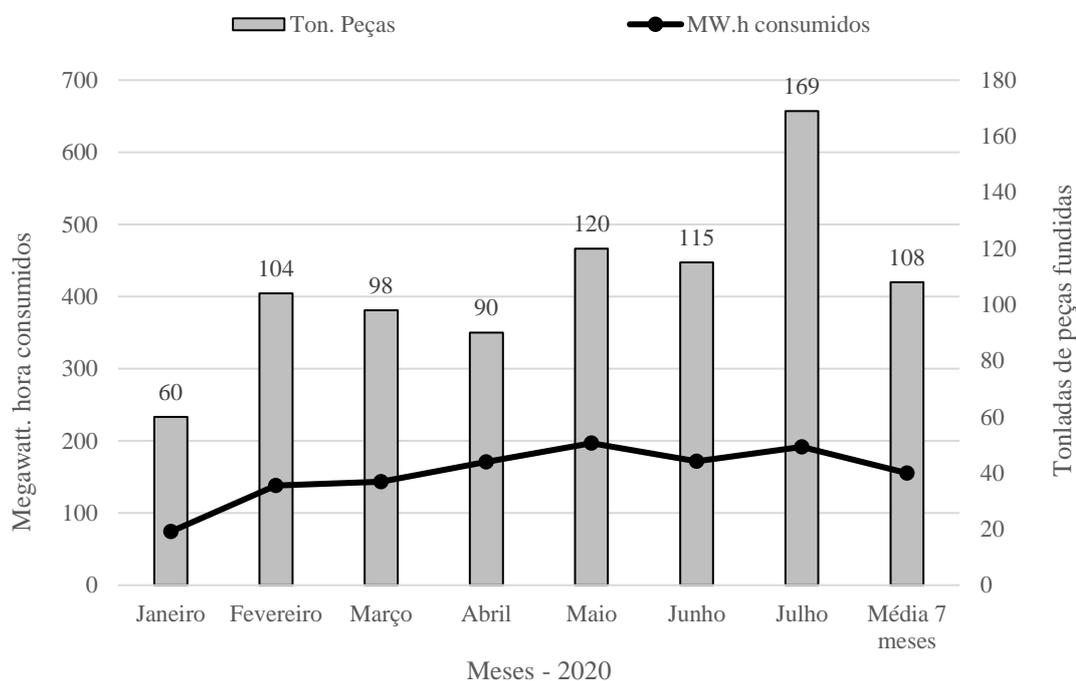


Figura 4.7: Gráfico relacionando as toneladas aproximadas de peças produzidas em cada mês, e o consumo mensal de energia elétrica envolvida no processo de produção.

Já o consumo médio de água obtido foi de 217,6m³, sendo que boa parte é utilizada para a reposição do sistema de arrefecimento das peças e do forno de indução (reservatório de resfriamento e torre de resfriamento). Os dados podem ser checados no Quadro 4.4 a seguir, bem como a relação do consumo de água com a produção das peças podem ser checados na figura 4.8.

Quadro 4.4: Relação do consumo de água da fábrica (dados obtidos de janeiro a julho de 2020).

Mês	M ³ Consumidos
Janeiro	223
Fevereiro	243
Março	230
Abril	263
Maio	121
Junho	205
Julho	238
Média Mensal	217,57

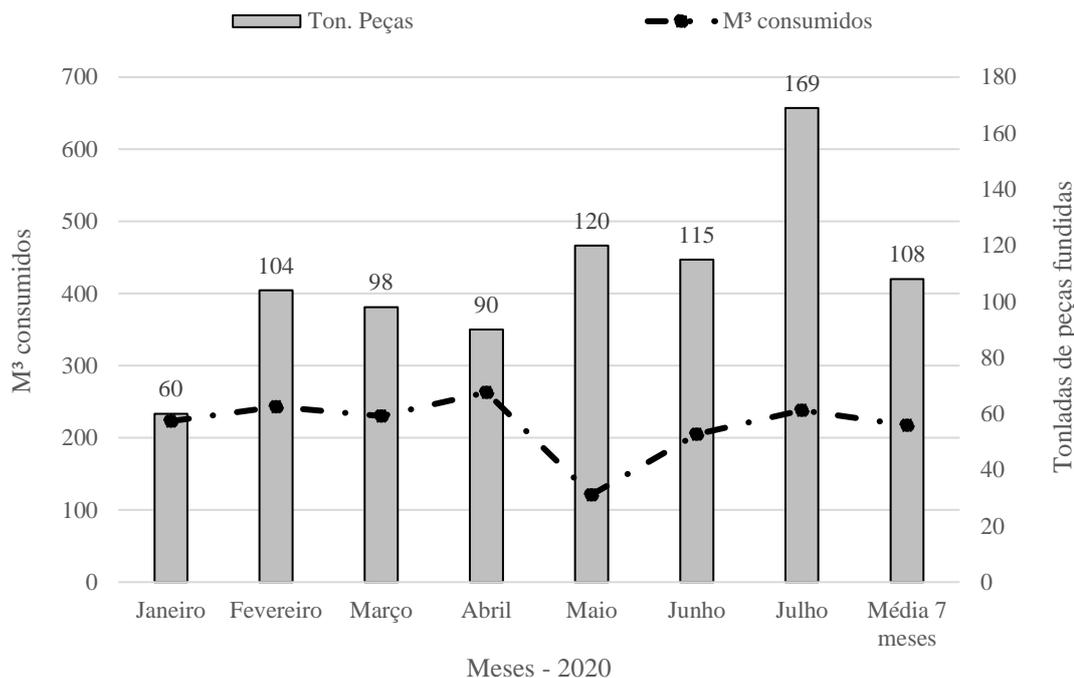


Figura 4.8: Gráfico relacionando a tonelada aproximada produzida mensalmente, e o consumo de água em metros cúbicos (m³) relativos a cada mês.

É interessante mencionar que para o mês de maio o consumo de água foi bem abaixo do que o observado para os outros meses, fato que demonstra que é possível adotar estratégias para reduzir o consumo de água, mesmo apresentando uma alta produtividade de peças (que no caso, para este mês foi de 120 toneladas aproximadamente). Esse baixo consumo de água registrada neste período pode estar atrelado a fatores climáticos como baixas temperaturas (o que auxilia na menor evaporação das águas de resfriamento) e aumento da umidade relativa do ar devido a maiores índices de precipitação.

Em resumo, a quantidade total de metal fundido na produção das peças de janeiro a julho foi de 746 toneladas, representando uma média de 108 toneladas por mês. Com os valores médios de demanda energética obtidos, temos:

Quadro 4.5: Relação das médias mensais obtidas para o consumo de água, energia elétrica, e areias utilizadas na produção média mensal de material/peças fundidas.

Produção Média	Água (m ³)	Energia Elétrica (MW.h)	Areia Nova (ton)	Areia Reutilizada (ton)	Material Descartado (ton)
Peças (108 ton)	217,6	155,4	193,28	135,3	246

Com relação ao material descartado, como já mencionado, boa parte dele é composto por resina, que é a responsável por conferir a liga adequada para o molde de areia, juntamente com restos e cavacos de sucata, difíceis de serem separados pelo processo de recuperação do material. Isto justifica a quantidade elevada de material dispensado para o aterro industrial.

No concernente ao consumo de água e de energia elétrica, embora os mesmos estejam relacionados também com os outros usos envolvendo o funcionamento e manutenção da fábrica (como iluminação, refeitório, e banheiros por exemplo), eles estão intrinsecamente associados com o custo operacional de produção das peças e por isso foram contabilizados conjuntamente na relação de consumo x tonelada de material fundido produzido.

É interessante mencionar também que o ano de 2020 foi um ano atípico de produção, uma vez que o mercado e as atividades comerciais foram diretamente afetados com a pandemia instaurada no início do ano de 2020 no país (e no mundo). Desta forma, esse fato impossibilitou uma análise comparativa adequada com outros estudos de caso, já que as condições foram bem diversas das aqui encontradas.

4.2 Sugestões de Melhorias e Adequação à Implantação da Gestão Ambiental

Para que o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) seja implantado com sucesso é necessário que a empresa adote valores e promova condutas ecologicamente responsáveis. É preciso quebrar o paradigma de que o meio ambiente é um entrave ao desenvolvimento e à produção, onerando processos, seja por meio de multas, como por meio de certificações e auditorias ambientais advindas. É preciso assimilar que, mais do que proteger o meio ambiente, a empresa está visando economizar recursos tanto financeiros, como naturais. Desta forma, a busca pela otimização dos processos auxilia tanto a empresa como o meio ambiente e a sociedade de forma geral.

Para a implantação de um SGA eficiente, a ferramenta processual de PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) que foca na melhoria contínua, pode ser uma excelente escolha. Ela está fundamentalmente ancorada em quatro etapas sequenciais que envolvem: o planejamento (*Plan*), o desenvolvimento (*Do*), a verificação (*Check*) e a tomada de atitude/ação (*Act*). Após a última etapa ser finalizada, o ciclo se inicia novamente, permitindo que a empresa sempre esteja atenta a buscas por novas melhorias, inovações e aperfeiçoamentos, estando desta forma sempre atualizada e atrativa para o mercado.

Alguns pontos principais foram observados na indústria de fundição, e serão explicitados a seguir a fim de colaborar para a implantação de um sistema de gestão ambiental.

Com relação ao consumo energético e de água, é possível propor medidas de redução de consumo envolvendo técnicas simples como a construção de cisternas coletoras de água da chuva, e a instalação de placas solares. Essas medidas, apesar de não serem capazes de atender a toda a demanda energética, podem rebater nos custos mensais, gerando mais economia e menor impacto ambiental.

As cisternas coletoras de água da chuva podem reabastecer o tanque de água destinado à refrigeração final das peças, já que a água vai evaporando com o tempo, sendo necessária a sua reposição.

É possível avaliar a viabilidade de se instalar painéis fotovoltaicos (placas solares) que permitam rebater no consumo da energia, e/ou suprir ao menos a demanda de iluminação e maquinários de baixo consumo energético. É sabido que o investimento inicial de instalação de placas solares é considerado relativamente alto, e depende de como ele é calculado (com base na insolação, presença de inversores, baterias, etc). Ademais, necessita de uma ampla área de instalação, bem como também envolve custos com adaptação e manutenção a médio e longo prazo. Uma simulação feita com base em uma calculadora solar, levando em conta o consumo energético de 200 MWh, prevê uma área de instalação das placas com no mínimo 8.000m², fato este que inviabiliza a autonomia energética por meio das placas solares (ELGIN, 2021). No entanto, se bem planejado, ele pode ser uma alternativa economicamente atrativa, já que a tecnologia das placas solares está ficando mais moderna e mais popular (o que ajuda na redução do seu custo, tornando-o mais atrativo e viável a curto e médio prazo). Essas medidas, além de rebater no custo de produção ajudam na maior economia dos recursos naturais.

Outro importante ponto a ser melhorado consiste na quantidade de resíduos sólidos gerados, basicamente constituído por areia, resina e sucata, que o próprio processo de produção não comporta reutilizar. Em conversa com o gerente da fábrica, é possível fazer a separação dos resíduos e reutilizá-los novamente, o problema é que o próprio sistema não os absorve, e não foi possível ainda fazer parcerias de escoamento deste material para o seu reaproveitamento. Esse resíduo excedente é levado a um aterro, gerando um elevado custo de disposição, envolvendo também custos com uma transportadora.

Esse resíduo poderia voltar a ser matéria-prima em outra indústria, como a da construção civil, e para indústrias do setor cerâmico, por exemplo. Buscar essa parceria,

além de auxiliar na redução de custos, minimiza impactos como a busca por novas matérias-primas, reduzindo a geração de resíduos, e poupando os aterros.

Apesar de todos os colaboradores estarem de forma geral bem paramentados e equipados com equipamentos de proteção individuais (EPI), observou-se que em determinados momentos alguns não utilizavam o capacete de proteção e o protetor auricular (Figura 4.9).

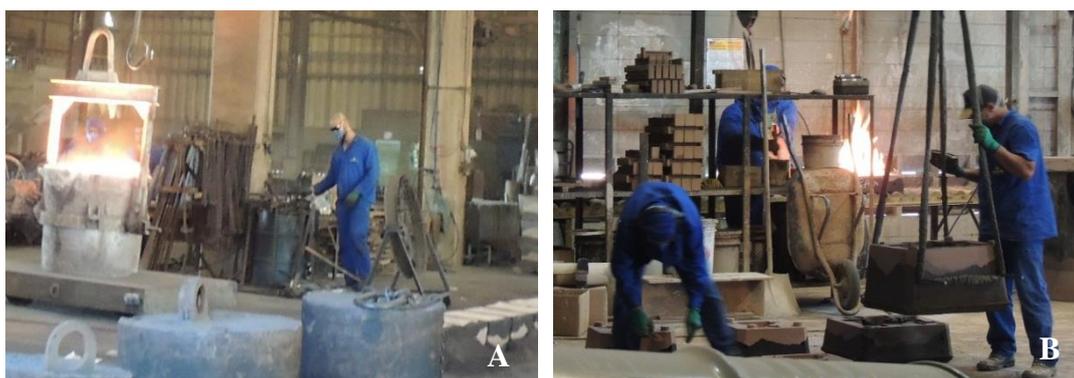


Figura 4.9: Ausências pontuais do uso de EPI's. Em **A**: colaborador trabalhando sem o capacete de proteção; **B**: colaborador trabalhando sem o protetor auricular, em área com bastante ruído.

Para sanar este problema, é necessário promover campanhas de conscientização dos colaboradores, e frisar a importância do uso dos EPI's nas integrações e no momento da contratação, bem como monitorar o uso dos mesmos de forma correta e constante.

Observou-se também a presença de muito resíduo e poeira acumulada no chão. Em alguns pontos da fábrica, os detritos (areia particulada) e poeiras provenientes do processo de produção se acumularam, podendo atrapalhar a locomoção e até mesmo ficar em suspensão no ar, já que o galpão é bem aberto e ventilado. Essas partículas finas quando suspensas no ar podem afetar negativamente a saúde do colaborador, pois se aspiradas podem chegar nos pulmões e alvéolos, e, com o tempo desenvolver doenças pulmonares crônicas. Desta forma, sugere-se realizar a retirada do excesso dos detritos no chão da fábrica de forma mais frequente, bem como a adoção de um filtro de partículas que auxilie na remoção das mesmas suspensas no ar, visando o bem-estar e a saúde dos colaboradores.

Outra questão observada foi a disposição pouco ordenada dos resíduos de sucata, que futuramente serão aproveitados no processo (Figura 4.10). A disposição em containers ou outros dispositivos maiores poderia promover uma maior organização e até mesmo facilitar o transporte e manuseio dos mesmos.



Figura 4.10: Deposição de areia e presença de poeira industrial no chão da fábrica, próximo ao armazenamento de sucata e utensílios. Notar o galpão bem aberto e ventilado.

Outra questão interessante que foi observada foi a falta de delimitação e avisos nas áreas de maior risco: como no despejo do material fundido e de peças incandescentes que ficaram expostas para serem resfriadas (Figura 4.11). A delimitação e a colocação de avisos nessas áreas são importantes já que o barracão é amplo e permite a circulação livre dos colaboradores.

O uso de placas e avisos móveis, bem como a delimitação correta e segura das áreas que envolvem maior risco de acidentes com material perigoso (como chapas, fornos quentes, material incandescente, etc.) são altamente recomendáveis para a segurança coletiva.



Figura 4.11: Falta de delimitação de áreas perigosas. Em **A**: despejamento do material fundido nos moldes de areia; e **B**: peça incandescente em esfriamento livre no chão do barracão de produção.

Não foram observadas lixeiras de coleta de materiais recicláveis. Embora a atividade do refeitório e nos arredores da fábrica sejam baixos, a presença de lixeiras separadas pela natureza do material reciclável ajuda o colaborador a ter uma conduta mais consciente e responsável com o meio ambiente. Ademais agrega uma maior responsabilidade ambiental à empresa que se mostra mais preocupada com a ética ambiental.

4.3 ISO 14001 e Certificação

Com relação às certificações, o conjunto de Normas 14001 define alguns critérios para implantar um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), e visa estrategicamente o equilíbrio entre os aspectos financeiros (como a rentabilidade e o lucro), com a otimização da gestão dos impactos ambientais advindos de suas atividades. Como se trata de um conjunto de normas que foi muito bem aceito e difundido no mercado como um todo (*i.e.* VERDE GHAIÁ, 2015), a conquista da ISO 14001 já seria um grande passo na adoção de condutas mais responsáveis com o meio ambiente e com o aumento da responsabilidade social de seus trabalhadores e todo o processo de cadeia que envolve a produção (desde a responsabilidade ambiental e social dos seus fornecedores até a distribuição de seus produtos).

Com relação aos selos verdes (ou rotulagem ambiental), por ser de natureza voluntária, e, com a adoção de medidas que envolvam: a redução no consumo de energia, instalação de placas solares (e/ou busca por outras fontes renováveis de energia), manter o ciclo de água fechado e sustentável (com a adoção de cisternas que coletam a água pluvial), bem como as parcerias para os materiais descartados que podem ser reutilizados na indústria civil (por exemplo); podem além de atrair novos consumidores, agregar maior valor ao produto e à empresa (marketing ambiental), proporcionando maior abrangência de mercado.

Para isso, é necessário investir em pessoal capacitado e treinado (seja de forma interna ou por meio da contratação de terceiros), que implantem as diretrizes necessárias, e possam orientar a empresa na promoção dos treinamentos e auditorias necessárias para manter o selo/certificação, para que ela se mantenha sempre atualizada, competitiva e voltada para a sustentabilidade.

5 CONCLUSÕES

É muito provável que o maior desafio a ser enfrentado com a implantação de um SGA esteja no investimento (custos) de implantação e manutenção, haja visto que há um preconceito muito arraigado (principalmente na indústria) de que não há necessidade e nem retorno que se justifique tal investimento, e que, sem a pressão da exigência de mercado e fiscalização por parte dos órgãos ambientais, essa mudança pode não ocorrer.

Para a fábrica de fundição avaliada, a maioria das sugestões e melhorias apontadas são consideradas de fácil implantação e baixo/médio custo, sendo que o ponto de partida seria a adoção de princípios e valores sócios-ambientais bem definidos, como a proteção do trabalhador, a busca por energias renováveis, e a otimização dos recursos envolvidos no processo de produção que incluem desde a matéria prima até o seu transporte final, bem como a implantação de uma metodologia eficiente de implantação e manutenção como a PDCA.

No entanto, os processos que envolvem a certificação (como auditorias e empresas que fornecem treinamentos) em geral, podem onerar e dificultar a obtenção e busca pelo mesmo. Para o caso avaliado, sugere-se a adoção sistêmica gradual dessas melhorias que, com o tempo, supram os critérios necessários para a implantação efetiva da gestão ambiental, caminhando futuramente para a certificação, sem onerar de prontidão o seu processo de produção. Isso pode ser iniciado por pequenas ações de baixo custo operacional, como a adoção de lixeiras ecológicas (de separação de lixo reciclável) e a incorporação de valores ambientais no treinamento e discurso com os colaboradores, evoluindo conforme suas necessidades e demandas, viabilizando a médio e longo prazo a implantação do SGA.

A força do setor privado em promover ações ecologicamente responsáveis, em consonância com a conservação e uso racional dos recursos é de suma importância para a atualidade. O desenvolvimento sustentável, juntamente com a gestão ambiental, propicia às empresas uma atividade menos impactante ao meio ambiente (neste caso, promovendo a adequação), de maior rendimento (tanto energético como no setor de serviços), otimizando o custo-benefício de seus produtos, e ainda promovendo uma ampliação de mercado, já que os selos verdes (certificação) são cada vez mais bem vistos e aceitos, sendo até mesmo exigidos no comércio exterior (principalmente no mercado europeu).

No âmbito da Engenharia Ambiental a adesão das empresas à gestão ambiental é extremamente importante para a construção de um mundo mais equilibrado e menos

impactante, trabalhando além da responsabilidade social, a responsabilidade e conscientização ambiental necessárias para isso. Ademais o ganho de maior visibilidade para o mercado externo pode criar novos mercados promissores.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIERI, J. C. Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo. Saraiva, 2006.

BENNEMANN, R. B. Proposta de Gestão Ambiental para Indústria Metal Mecânica. *Monografia de Conclusão de Curso*. Faculdade de Engenharia e Arquitetura de Passo Fundo, UPF, 66 pgs. 2012.

BRASIL ECONÔMICO. *Selo de aço da Arcelor Mittal atende às construções verdes*. Disponível em: http://www.brasileconomico.com.br/noticias/selo-de-aco-da-arcelormittal-atende-construcoes-verdes_111650.html. Acesso em 14 fev. 2020.

CAMPOS FILHO, M. P. DAVIES J. Solidificação e Fundição de Metais e suas Ligas. São Paulo, Livros Técnicos e Científicos. LTC, 2008.

CHICO MENDES INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL. *Selo Verde*. Disponível em: <https://institutochicomendes.org.br/selo-verde/> Acesso em: 14 fev. 2020.

DAL MORO, P.; PANDOLFO, A.; DAL MORO, L.; BARBACOV, N. E.; TAGLIARI, L. D. Diagnóstico ambiental de indústrias de fabricação de estruturas metálicas e esquadrias de metal de pequeno e médio porte. São Carlos. *Gest. Prod.*, v. 22, n. 1, pgs. 229-237, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X1333>. Acesso em: 20 ago. 2021.

EDINGER, L. R.; CASTILHOS, M. D., KLÖPSCH, K.; MARTINS, D. P. Planejamento ambiental para uma indústria metalúrgica. *Trabalho apresentado no III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais (IBEAS). Goiânia, GO, 2012.

ELGIN. Energia solar. Calculadora *on line* de placas solares. Disponível em: [https://www.elgin.com.br/energia-solar?utm_source=google&utm_medium=search&utm_campaign=solar_2021-09_cliente-final_search-\(4\)_trafego&utm_term=consideracao_cliente-final_palavras-chave&utm_content=responsivo-1&gclid=CjwKCAjw5c6LBhBdEiwAP9ejGwxP-ze8UDnLJW4-jzX5FRGITmexK4htbOGDZNERurwfabm8TAOaIxoCTCAQAvD_BwE&gclid=aw.d s .](https://www.elgin.com.br/energia-solar?utm_source=google&utm_medium=search&utm_campaign=solar_2021-09_cliente-final_search-(4)_trafego&utm_term=consideracao_cliente-final_palavras-chave&utm_content=responsivo-1&gclid=CjwKCAjw5c6LBhBdEiwAP9ejGwxP-ze8UDnLJW4-jzX5FRGITmexK4htbOGDZNERurwfabm8TAOaIxoCTCAQAvD_BwE&gclid=aw.d s .) Acessado em: 8 set. 2021.

FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. *Gestão Empresarial Ambiental*. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/temas-ambientais/ver-todos/gestao-empresarial-ambiental/#:~:text=A%20Gest%C3%A3o%20Empresarial%20Ambiental%20pode,seus%20processos%2C%20produtos%20e%20servi%C3%A7os>. Acesso em: 14 ago. 2020.

- FURTADO, C. *Formação econômica do Brasil*. 26ª. Edição. São Paulo: Nacional, 2001.
- FURTADO, J. *Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior*. Documento III-Relatório. São Paulo, 19 pgs. 2004.
- HOLLVEG, S. D. S.; ADAMY, A. P. A.; ROSA, L. C. Avaliação da Produção Mais Limpa no Setor Metal Mecânico da Região Central do Rio Grande do Sul. *Trabalho apresentado no 5º Workshop Internacional: "Advances in Cleaner Production"*. Brazil, São Paulo, 2015.
- LERÍPIO, A. A. *Gerenciamento de resíduos*. Conferência ministrada na UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), 2004.
- MAIMON, D. Eco-Estratégia nas Empresas Brasileiras: Realidade ou Discurso? *In: Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 34, n. 4, pgs. 119-130, 1994.
- MENEGUETTI, C. F. *Gestão ambiental empresarial*. Maringá: UNICESUMAR, 2012.
- MIREK, Z. M.; FRÖEHLICH, C. Um modelo de gestão ambiental para empresa de pequeno porte do setor metal-mecânico da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul: estudo de caso aplicado a IBL. *Trabalho apresentado no XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Florianópolis, SC, Brasil. Nov. 2004.
- MORETTI, G. N.; SAUTTER, K. D.; AZEVEDO, J. A. M. ISO 14001: implementar ou não? Uma proposta para a tomada de decisão, *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 13, n.4, pgs. 416-425, 2008.
- NORTH, K. *Environmental business management: an introduction*. Genebra: International Labor Office (ILO), 1992.
- POMBO, F. R.; MAGRINI, A. Panorama de aplicação da norma ISSO 14001 no Brasil. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 15, n. 1, pgs 1-10, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/D9MYSRqGQjT6KFZVWjJWFYd/?lang=pt&format=pdf> . Acessado em 15 out. 2021.
- ROCHA, F. M. *Boletim de Conjuntura Econômica Regional do Oeste do Paraná*. Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), Núcleo de Desenvolvimento Regional, Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento Regional e Agronegócio da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)/Campus Toledo. Ano 2, n°2, Foz do Iguaçu, 2016.
- RODRIGUES, F. Diagnóstico ambiental em uma indústria metalúrgica de Imbituva, PR. Monografia de conclusão de curso, 55 pgs. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFP). Guarapuava, PR, 2018.
- RUPPENTHAL, J. E. *Gestão Ambiental*. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. Rede e-Tec Brasil, 128 pgs, 2014.
- SEBRAE. Sustentabilidade. *Relatório de Inteligência*. Centro Sebrae de Sustentabilidade. SIS. Julho, 2016.
- SERBER, S. L. Proposta de implantação e certificação de um sistema de gestão ambiental: estudo de caso de indústria metal-mecânica. 2009. 181 pgs. *Dissertação (Programa de*

Pós-graduação em Engenharia Ambiental). Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, 2009.

STUMPF, U. D.; THEIS, V.; SCHREIBER, D. Gestão de resíduos sólidos em empresas metalomecânicas de pequeno porte. São Paulo. *Revta. de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (GeAS)*, v. 7, n. 2, pgs. 230-247, 2018

TAUCHEN, J. A. Um Modelo de Gestão do Desenvolvimento para o setor industrial metal-mecânico da região Fronteira Noroeste do Rio Grande do Sul, através da Gestão Ambiental. *Relatório Técnico PROCOREDES*. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), 75 pgs. Horizontina, 2009.

TESSER, D. P.; BAHÚ, J.; FERNANDES, R. A. A abordagem da gestão ambiental pelas empresas metal-mecânicas na região da Ammoc. *RACE*, v. 5, n. 2, pgs. 143-156. Unoesc, 2006.

THEIS, V.; SCHREIBER, D. Análise do processo de gestão ambiental em indústrias do segmento metal-mecânico do Vale do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul. *Gestão & Planejamento*, v. 16, n. 3, pgs. 534-549. Salvador, BA. 2015.

TIBOR, T.; FELDMAN, I. ISO 14000: um guia para as normas de gestão ambiental. São Paulo : Futura, 1996.

TROVATI, J. Tratamento de água - Sistema de resfriamento. Curso *on line*, 2004. Disponível em: https://www.snatural.com.br/PDF_arquivos/Torre-Caldeira-Tratamento-Agua.pdf. Acessado em 15 out. 2021.

VALÉRIO, D; SILVA, T.C.; COHEN, C. Gestão de Resíduos Sólidos em Empresas Metalomecânicas de Pequeno Porte. *Rev. Gest. Ambient. Sustentabilidade*, v. 7, n. 2, pgs. 230-247. São Paulo, 2008.

VERDE GHAIA. *ISO 14001: 2015. Interpretando as mudanças*. Ebook, 34pgs. Grupo Verde Ghaia. Belo Horizonte, MG. 2015.

VIEIRA, A. L.; VENTURA, A. F. A. ; VENTURA JÚNIOR, R. *Gestão Ambiental: Uma Visão Multidisciplinar*. Cajazeiras: Editora real, 288 pgs. 2015.

WINDMÖLLER, M. Gestão Ambiental em organizações industriais do setor metal mecânico do município de Panambi, RS. *Trabalho de Conclusão do Curso*. Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Rio Grande do Sul (UNIJUI). Panambi, RS, 82 pgs. 2014.