

Engenharia de Produção: What's Your Plan? 4



Marcos William Kaspchak Machado
(Organizador)

Engenharia de Produção:
What's Your Plan? 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharia de produção: what's your plan? 4 [recurso eletrônico] /
Organizador Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta
Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Engenharia de Produção:
What's Your Plan?; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-256-2

DOI 10.22533/at.ed.562191204

1. Engenharia de produção – Pesquisa – Brasil. 2. Inovação.
3. Segurança do trabalho. I. Machado, Marcos William Kaspchak.
II. Série.

CDD 620.0072

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Engenharia da Produção: What’s your plan?*” é subdividida de 4 volumes. O quarto volume, com 24 capítulos, é constituído com estudos contemporâneos relacionados a inovação em gestão organizacional, gestão de segurança do trabalho, ferramentas de gestão da qualidade e sustentabilidade.

A sequência, os estudos de gestão da qualidade e sustentabilidade apresentam a utilização de princípios e ferramentas para o aumento de produtividade sustentável. Na gestão da qualidade são abordadas ferramentas como QFD, CEP e MASP. Estas ferramentas auxiliam as organizações na melhoria dos processos e redução de desperdícios o que gera um resultado, não só financeiro, mas também ambiental e social.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de conhecimentos e inovações, e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
QUALITY TOOLS FOR REDUCING THE AVERAGE SERVICE TIME OF NON-SCHEDULED OCCURRENCES IN AN ELECTRIC POWER DISTRIBUTOR	
Amanda da Silva Xavier Raimundo Vinicius Dutra de Souza Ângela Patrícia Linard Carneiro Andersson Alves da Silva Amanda Duarte Feitosa Taynara Siebra Ribeiro Emerson Rodrigues Sabino	
DOI 10.22533/at.ed.5621912041	
CAPÍTULO 2	17
QUALIDADE: SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE DE UMA EMPRESA DO SETOR MOVELEIRO NO MUNICÍPIO DE REDENÇÃO-PA	
Elaine de Deus Alves Milena Penha da Silva Santos Fábia Maria de Souza Hélio Raymundo Ferreira Filho Aline de Oliveira Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.5621912042	
CAPÍTULO 3	29
ELEMENTOS DA METODOLOGIA ÁGIL PARA O CONTROLE DA QUALIDADE	
Lorena Brenda de Oliveira José Jefferson do Rego	
DOI 10.22533/at.ed.5621912043	
CAPÍTULO 4	42
ELIMINAÇÃO DE ESPERA E TRANSPORTE EM PROCESSO PARA AUMENTO DE PRODUÇÃO COM APLICAÇÃO DE CONCEITOS DO <i>LEAN PRODUCTION</i>	
Ismael Cristofer Baierle Jones Luís Schaefer Matheus Becker da Costa Johanna Dreher Thomas Gustavo Trindade Choaire	
DOI 10.22533/at.ed.5621912044	
CAPÍTULO 5	55
ANÁLISE QUALITATIVA DO SISTEMA DE CHECKOUT CONVENCIONAL: O CASO DE UM SUPERMERCADO EM CAMPINA GRANDE - PB	
Arthur Arcelino de Brito Pablo Veronese de Lima Rocha Paulo Ellery Alves de Oliveira Ellen Mendes de Freitas Jaqueline Marques Rodrigues Marrisson Murilo de Andrade Farias Éder Wilian de Macedo Siqueira Rafael de Azevedo Palhares Mariana Simião Brasil de Oliveira Diego de Melo Cavalcanti Felipe Barros Dantas	

Victor Hugo Arcelino de Brito
Nathaly Silva de Santana
Pedro Osvaldo Alencar Regis

DOI 10.22533/at.ed.5621912045

CAPÍTULO 6 72

APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE QUALIDADE PARA ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA PANIFICADORA LOCALIZADA EM ANGICOS/RN

Otacília Maria Lopes Barbalho
Jonathan Jameli Santos Medeiros
Marcos Antônio Araújo da Costa
Allan Fellipe de Azevedo Pessoa
Taira Morais de Avelino
Paulo Ricardo Fernandes de Lima
Rayane Cabral da Silva

DOI 10.22533/at.ed.5621912046

CAPÍTULO 7 84

APLICAÇÃO DE PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DA GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL EM UMA EMPRESA FRANCESA DE MANUTENÇÃO EM TRANSPORTE FERROVIÁRIO

Natália Maria Puggina Bianchesi
Vinícius Renó de Paula
Fabrício Alves de Almeida
Gabriela Belinato
Pedro Paulo Balestrassi

DOI 10.22533/at.ed.5621912047

CAPÍTULO 8 102

GESTÃO DE QUALIDADE, PADRONIZAÇÃO E AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DA SOPRADORA KRONES S12

Andrey Sartori
Bruna Vanessa de Souza
Claudinilson Alves Luczkiewicz
Ederson Fernandes de Souza
Esdras Warley de Jesus
Fabrício César de Moraes
Moisés Phillip Botelho
Rosana Sifuentes Machado
Rosicley Nicolao de Siqueira
Rubens de Oliveira
William Jim Souza da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.5621912048

CAPÍTULO 9 117

QFD - DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE APLICADA NA GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Edinilson José Slabei
Alfredo Bruger Junior
Lilian Karine Turek

DOI 10.22533/at.ed.5621912049

CAPÍTULO 10	126
CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP): IMPLANTAÇÃO EM UMA REFUSORA DE ALUMÍNIO SECUNDÁRIO	
Camila Aparecida Soares de Oliveira Adriano Kulpa	
DOI 10.22533/at.ed.56219120410	
CAPÍTULO 11	142
ESTUDO DE VARIABILIDADE UTILIZANDO GRÁFICO DE CONTROLE PARA MEDIDAS INDIVIDUAIS EM UMA MICROEMPRESA DO SETOR ALIMENTÍCIO	
Maria Carolina Parreiras Gonçalves Peixoto Matheus Albiani Alves César Augusto Ribeiro Henrique Tadeu Castro Mendes Alessandra Lopes Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.56219120411	
CAPÍTULO 12	156
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO MASP PARA REDUÇÃO DE REFUGO NUMA INDÚSTRIA MOVELEIRA NO NOROESTE DO PARANÁ	
Nathália Pirani Rubio Thiago Dias Lessa do Nascimento Marília Neumann Couto João Arthur Pirani Rubio	
DOI 10.22533/at.ed.56219120412	
CAPÍTULO 13	164
A APLICAÇÃO DO MASP NUMA EMPRESA DO SETOR DE ENERGIA EÓLICA	
David Cassimiro de Melo Marcel Alison Pimenta Bastos Cabral de Medeiros Marcelle Moreno Moreira Victor Francisco Sabino Araújo Lima Bianca Luanna Barros Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.56219120413	
CAPÍTULO 14	180
AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS PELO SETOR DE MINERAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE CALCÁRIO NO RN	
Andressa Galvão de Araújo Luciana de Figueiredo Lopes Lucena	
DOI 10.22533/at.ed.56219120414	
CAPÍTULO 15	192
PROCESSOS TECNOLÓGICOS SUSTENTÁVEIS: O SISTEMA DE TORREFAÇÃO PARA A PRODUÇÃO DE BIOCÁRVÃO NO BRASIL	
Isabela Mariana Felipelli Barreto Fernando Fabrício Lopes Eller de Oliveira João Evangelista de Almeida Saint'Yves	
DOI 10.22533/at.ed.56219120415	

CAPÍTULO 16	205
SUSTENTABILIDADE DA BIOENERGIA BRASILEIRA E ROTAS DE CONVERSÃO ENERGÉTICA DE BIOMASSAS	
Herbert Carneiro Rangel Claudio Luiz Melo de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.56219120416	
CAPÍTULO 17	221
RECICLAGEM DE LAMA FINA DE ACIARIA ATRAVÉS DA TECNOLOGIA DE BRIQUETAGEM PARA REUTILIZAÇÃO NO PROCESSO DA ACIARIA	
Aline Tatiane Nascimento de Oliveira Janaina Antônia Alves da Silva Pâmella Franciele Pereira Leonardo Ayres Cordeiro	
DOI 10.22533/at.ed.56219120417	
CAPÍTULO 18	233
ANÁLISE DE BARREIRAS QUE AFETAM A ADOÇÃO DE TECNOLOGIAS VOLTADAS À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	
Moisés Phillip Botelho Istefani Carísio de Paula	
DOI 10.22533/at.ed.56219120418	
CAPÍTULO 19	259
A IMPORTÂNCIA DOS INVESTIMENTOS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D) PARA A TRAJETÓRIA SUSTENTÁVEL DAS EMPRESAS	
Mariana Simião Brasil de Oliveira Rafael de Azevedo Palhares Tuíra Morais Avelino Pinheiro Paulo Ricardo Fernandes de Lima Jéssyca Fabíola Ribeiro Ataliba Arthur Arcelino de Brito Paulo Ellery Alves de Oliveira Nathaly Silva de Santana Izaac Paulo Costa Braga Hálison Fernandes Bezerra Dantas Pedro Osvaldo Alencar Regis	
DOI 10.22533/at.ed.56219120419	
CAPÍTULO 20	273
DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR PARA O CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA COM INTERFACE ONLINE PARA FOMENTAR O CONSUMO CONSCIENTE DA ÁGUA EMBUTIDA EM REFEIÇÕES	
Luis Gabriel de Alencar Alves Thais Aparecida Ribeiro Clementino Caio Vinicius de Araujo Ferreira Gomes Ana Caroline Evangelista de Lacerda Rodolfo José Sabiá	
DOI 10.22533/at.ed.56219120420	

CAPÍTULO 21	285
DIAGNÓSTICO POR HIERARQUIZAÇÃO DECRESCENTE DE FREQUÊNCIA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO CAMPUS DE UMA UNIVERSIDADE PÚBLICA CEARENSE	
Andresa Dantas de Araújo Vinícius Nascimento Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.56219120421	
CAPÍTULO 22	296
A LOGÍSTICA REVERSA COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA DE GESTÃO DE CUSTO E SUSTENTABILIDADE DE UMA EMPRESA	
Laís da Costa Valentim Maria Rita de Cássia Calçada Leopoldino Anderson Vinícius Fontes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.56219120422	
CAPÍTULO 23	308
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL E PRÁTICAS DE GOVERNANÇA CORPORATIVA: PROPOSTA DE AVALIAÇÃO PARA PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS	
Guilherme Scheuermann Carlos Cyrne Estela Gausmann Chantreli Schneider	
DOI 10.22533/at.ed.56219120423	
CAPÍTULO 24	319
PRÁTICAS DE RESPONSABILIDADE SOCIAL POR MICROEMPRESAS: ESTUDO DE CASO EM MARMORARIAS	
Cícero Hermínio do Nascimento Júnior Maria de Lourdes Barreto Gomes Daniel Barros Castor Gabriel Almeida do Nascimento Ana Maria Magalhães Correia	
DOI 10.22533/at.ed.56219120424	
SOBRE O ORGANIZADOR	332

RECICLAGEM DE LAMA FINA DE ACIARIA ATRAVÉS DA TECNOLOGIA DE BRIQUETAGEM PARA REUTILIZAÇÃO NO PROCESSO DA ACIARIA

Aline Tatiane Nascimento de Oliveira

Graduando do curso de Engenharia de Produção na PUC Minas.

Janaina Antônia Alves da Silva

Graduando do curso de Engenharia de Produção na PUC Minas.

Pâmella Franciele Pereira

Graduando do curso de Engenharia de Produção na PUC Minas.

Leonardo Ayres Cordeiro

Doutor/professor do curso de Engenharia de Produção na PUC Minas.

RESUMO: O processo de produção do aço gera grandes quantidades de resíduos anualmente que se forem tratados de forma adequada podem ser fontes de matérias para vários processos da indústria. A descoberta de que os resíduos provenientes da fabricação do aço têm valor econômico e sobretudo trazem ganhos ambientais mudaram o conceito de resíduo para o setor. Pesquisas buscando agregar valor aos resíduos tem ganhado cada vez mais espaço e vem sendo realizadas como forma de diminuir os impactos ambientais causados pela disposição de resíduos em aterros. Dentre os resíduos gerados no processo produtivo siderúrgico destacam-se as escórias, pós, lamas e carepas, oriundos dos processos do alto forno e aciaria. Dentre os resíduos destacados

grande parte tem aplicação sustentável e econômica no processo siderúrgico e em outros processos como o da indústria cimenteira e cerâmica, outros ainda apresentam dificuldades de aplicação, como é o caso da lama de aciaria na fração fina. O presente artigo traz um estudo a respeito da tecnologia de briquetagem como solução para reciclagem da lama de aciaria fina no processo siderúrgico, possibilitando seu uso como material prima no processo de fabricação do aço.

PALAVRAS-CHAVE: Lama de aciaria. Briquete. Sustentabilidade. Resíduo. Coproduto. Reciclagem.

1 | INTRODUÇÃO

O processo de produção de aço tem como um dos resultantes a geração de resíduos. De acordo com dados do relatório de sustentabilidade de 2016 divulgado pelo Instituto Aço Brasil, em 2015 a indústria do aço no Brasil produziu 31,3 milhões de aço bruto e gerou 595 kg de resíduo por tonelada de aço produzida, ou seja, aproximadamente 18 milhões de toneladas de resíduo. Deste volume de resíduos gerado houve reaproveitamento de 88%, 9% de estocagem e 3% de disposição em aterros industriais.

Dentre os resíduos gerados no processo

de produção de aço, temos a lama de aciaria, que pode se apresentar em 2 tipos, chamadas comumente de lama grossa de aciaria e lama fina de aciaria. A lama fina de aciaria, objeto de estudo deste artigo, representa o maior percentual de geração do total deste resíduo, aproximadamente 60%, é rica em óxido de ferro, chegando a valores de ferro total de 40%.

O processo de reciclagem da lama fina é um dos problemas das indústrias siderúrgicas no Brasil, pois apresenta características que dificultam sua transformação em matéria prima, como baixo teor de ferro metálico, elevada umidade, percentual de zinco e álcalis, granulometria fina e dificuldades de concentração.

Este artigo abordou o estudo de uma solução para reciclagem de lama fina, feito em uma das maiores siderúrgicas do país que atua na produção de aços longos, especiais e planos.

A abordagem utilizada neste artigo para a reciclagem da lama fina de aciaria foi feita através de processo de aglomeração, sendo usado o tipo briquetagem para possibilitar o seu uso na aciaria. Através dessa solução esperava-se obter uma proposta para a reciclagem da lama fina de aciaria, tendo como principais objetivos ganhos ambientais e econômicos, através da eliminação e não geração de passivos deste resíduo, a transformação de um potencial passivo em ativo ambiental, por evitar a destinação para aterros industriais e possibilitar sua aplicação para fins mais nobres, especialmente como substituto de matéria prima de alto valor agregado para a produção do aço.

2 | DESENVOLVIMENTO

O agravamento dos problemas ambientais consequentes das atividades humanas se deu principalmente a partir da revolução industrial, onde o homem começou a produzir em grande escala e poluir na mesma intensidade. (MOREIRA, 2006). A relação entre desenvolvimento econômico e meio ambiente se tornou mais expressiva a partir da década de 70, quando pesquisadores passaram a examinar quais seriam os limites do crescimento em um contexto onde os recursos naturais são finitos. (DINIZ; BERMANN, 2012).

Para Moreira (2006), dentre os principais problemas ambientais relacionados às atividades industriais, se destacam as preocupações relacionadas a água, ao ar, as florestas e biodiversidade, os problemas ambientais relacionados à energia e os resíduos. Neste contexto, a atividade siderúrgica contribuiu, sendo responsável pela geração de grandes quantidades e variedades de resíduos, muito deles passíveis de reciclagem, e outros que cuja reciclagem e reutilização, atualmente ainda estão sendo estudadas. (CUNHA et al, 2006).

Mesmo com queda na demanda observada no Brasil a partir de 2010, devido principalmente a queda no consumo interno, principalmente pelos segmentos

automotivos, construção civil e bens de capital, que junto representam 80% do consumo nacional de aço, a atividade siderurgia ainda continua em 2018 responsável pela geração de grande parte dos resíduos sólidos.

Os principais resíduos gerados na produção do aço são constituídos de pós e lamas de alto forno e aciaria, carepas, escórias, finos de combustíveis carbonosos, dentre outros. (LUZ, 2016).

A lama fina de aciaria, objeto deste artigo, é formada no processo de produção de aço na aciaria, no tratamento dos gases formados durante o refino do gusa, transformando-o em aço no interior do conversor. Este material é rico em óxido de ferro, apresentando em torno de 40% de ferro total, o que possibilita seu aproveitamento como matéria prima para os processos siderúrgicos. (MENDES, 2009). Desta forma ela voltaria para o ciclo de produção de forma contínua. Quando não há o processo para que a sua aplicação seja tecnicamente viável e ambientalmente adequada, sua destinação é feita com disposição em aterros industriais, o qual é um processo oneroso e um recurso muito caro e por este motivo, muitas vezes, o material é armazenado pelas indústrias, gerando grandes passivos ambientais. (AMORIM, 2000).

Há estudos abordando soluções para reciclagem de lama de aciaria em outros setores industriais, como, por exemplo, na construção civil, com a aplicação da lama de aciaria na fabricação de argamassa ou incorporação para fabricação de tijolos na indústria de cerâmica vermelha. (AMORIM, 2000; VIEIRA et al., 2007). Apesar dos estudos de rotas de reciclagem em outros setores, a reciclagem da lama de aciaria no próprio processo siderúrgico apresenta maior viabilidade econômica e técnica, uma vez que o resíduo pode ser reutilizado em maior escala e voltar para o ciclo de produção, como substituto de matéria prima para o aço.

Tendo em vista as restrições de aplicação da lama fina de aciaria por suas qualidades físicas e químicas, uma das tecnologias que vem ganhando grande relevância e estudo, são as tecnologias de aglomeração de resíduos. (VIERA et.al, 2007).

Segundo Rocha et.al, (2002) dentre as possibilidades existentes atualmente para reaproveitamento de resíduos, a briquetagem se apresenta como uma solução de baixo custo, uma vez que os briquetes produzidos através deste processo servem como insumo para utilização no próprio processo produtivo siderúrgico. Além disso, outros fatores complementam a viabilidade dessa tecnologia que são o atendimento a legislação ambiental, a redução da despesa de tratamento para o resíduo, além da confiabilidade da tecnologia de briquetagem. (MACHADO et.al, 2004).

3 | METODOLOGIA

Para este estudo foram realizadas observações em campo, análises de dados quantitativos e qualitativos e entrevista com responsáveis pelo setor de aciaria da

empresa estudada e responsáveis técnicos de empresas que atuam no setor de briquetagem de resíduos.

Portanto, segundo Prodanov e Freitas, (2013), esta pesquisa é um estudo de caso, considerado de natureza prática, uma vez que busca a melhor alternativa de reciclagem para a lama fina de aciaria que possa ser aplicado dentro da empresa estudada, tecnicamente e economicamente viável para a empresa.

Ainda segundo o autor, quanto ao objetivo do estudo é uma pesquisa exploratória e descritiva, pois buscou-se levantar informações sobre um determinado material, delimitando-se assim um campo de trabalho, analisando os dados das caracterizações das amostras feitas por técnicos do laboratório da empresa, utilizando as técnicas padronizadas, como a NBR 10005:2004 e NBR 10006:2004 que determinam métodos estruturados para coleta e análise de resíduos.

A pesquisa é de caráter quantitativo e qualitativo, uma vez que foram coletadas amostras da lama fina e de outros materiais gerados na empresa, que foram submetidos a técnica de reciclagem através do processo de briquetagem, feito em caráter de teste. Após reciclagem, o material foi submetido pela empresa a análises para verificação das características quantitativas e qualitativas de seus elementos químicos e testes de caráter industrial na aciaria da empresa estudada.

4 | APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

A empresa estudada gera aproximadamente 3 milhões de toneladas anuais de resíduos resultantes da produção do aço, dentre eles escórias de aciaria e alto forno, pós de despoeiramento, carepas, finos de minério e carvão, lamas de alto forno e aciaria, finos de cal entre outros. A Figura 1, a seguir, demonstra isto graficamente.



Figura 1 - Geração de Resíduos de Siderurgia
 Fonte: elaborada pelos autores com dados da empresa estudada.

Do total de resíduos gerados aproximadamente 70% são reciclados. A reciclagem é feita através da venda para o mercado, a exemplo escória de alto forno, que é vendida para o mercado cimenteiro e faz parte da composição do cimento. Também a reciclagem acontece através da reutilização de alguns resíduos pela empresa em seu próprio processo de produção como na aciaria e sinterização.

A empresa busca constantemente alternativas para aumentar a reciclagem de resíduos, seja em seu próprio processo ou através da utilização destes por outras empresas do mercado. Atualmente, entre todos os resíduos gerados, um dos principais gargalos é a lama fina de aciaria.

A lama fina de aciaria representa aproximadamente 60% da lama de aciaria gerada no processo de produção do aço da empresa estudada. Os outros 40% é composto pela lama grossa de aciaria. A geração média da lama de aciaria fina é de aproximadamente 6 mil toneladas mensais, totalizando uma média anual de aproximadamente 73 mil toneladas.

Na Tabela 1, a seguir, são apresentados os números de geração total da lama fina de aciaria na empresa estudada, no período de 2015 a 2017.

2015	2016	2017
72473	74902	71500

Tabela 1 - Dados da Geração de Lama Fina dos Últimos 3 anos (volume em toneladas)
 Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados fornecidos pela empresa estudada

A lama fina de aciaria apresenta propriedades que a tornam um material de difícil manuseio e pouco atraente para reciclagem, dificultando sua aplicação no mercado ou no próprio processo siderúrgico. Estes fatores contribuem para a formação de grandes passivos ambientais de lama de aciaria fina, uma vez que pelo alto custo de destinação final para aterro, grande parte das indústrias siderúrgicas optam pela armazenagem interna do resíduo dentro da empresa.

Os custos de destinação para aterro calculados pela empresa estudada, considerando o aterro industrial licenciado mais próximo, eram de R\$ 90,00 (noventa reais) por tonelada. Estão inclusos neste valor as despesas de serviço de aterro e os custos logísticos. Para destinação de toda geração anual, a empresa teria um custo anual calculado em aproximadamente R\$ 6.480.00,00 (seis milhões e quatrocentos mil reais), impactando na sustentabilidade financeira e econômica do negócio.

A seguir, a Tabela 2 apresenta a análise química, realizada em novembro de 2017, das lamas de aciaria geradas na empresa e na Tabela 3, na sequência, a descrição dos compostos químicos apresentados na Tabela 2.

Composição	Lama fina de aciaria	Lama grossa de aciaria
S total (%)	0.07	0.02
P (%)	0.117	0.113
P2O5 (%)	0.27	0.26
Al2O3 (%)	0.61	0.25
ZnO (%)	0.67	<0,01
SiO2 (%)	1,82	1,96
MgO (%)	1,95	1,54
Umidade	32,87	18,66
Fusão (%)	36,45	74,32
Fe t (%)	42,38	78,01

Tabela 2 - Análise Química da Lama de Aciaria

Fonte: elaborada pelos autores com dados do laboratório da empresa estudada

Composição	Descrição
S total (%)	Percentual de enxofre
P (%)	Percentual de fósforo
P2O5 (%)	Percentual de pentóxido de fósforo
Al2O3 (%)	Percentual de óxido de alumínio
ZnO (%)	Percentual de óxido de Zinco
SiO2 (%)	Percentual de dióxido de silício
MgO (%)	Percentual de óxido de magnésio
Umidade	Percentual de umidade
Fusão (%)	Percentual de fusão do material
Fe t (%)	Percentual de ferro total (incluindo óxido)

Tabela 3 - Descrição dos Compostos Químicos

Fonte: elaborada pelos autores

A fim de buscar soluções para este problema, a empresa realizou estudos que possibilitaram a reciclagem da lama fina de aciaria no seu próprio processo de produção. O objetivo foi buscar uma solução sólida que trouxesse retornos financeiros e principalmente ganhos ambientais com a destinação da lama fina de aciaria de forma circular, ou seja retornando-a como matéria prima para outros processos produtivos.

Foram avaliados pela empresa processos de reciclagem que permitissem transformar a lama fina de aciaria em um material adequado para reutilização em seu próprio processo produtivo, como a sinterização, pelotização e briquetagem. Através dos estudos destas alternativas, foi verificado o potencial de ganho ambiental, viabilidade técnica e financeira através da reciclagem por meio da briquetagem.

A briquetagem elimina dois grandes fatores que dificultam a utilização da matéria prima *in natura* no processo, que são a umidade, uma vez que a lama no processo de briquetagem tem sua umidade reduzida a menos de 2%, e a granulometria, pois é transformada em pequenos blocos densos e compactos. Além destes fatores a briquetagem traz vantagens para o processo como o manuseio, transporte e armazenagem do material, agregação de valor ao resíduo e resistência mecânica, que permite ao material suporte de grandes quedas de altura sem alta geração de finos (poeiras), evitando que o material seja absorvido pelos sistemas de despoejamento do forno e não seja reaproveitado.

Para fabricação dos lotes de teste a empresa fez um mapeamento de fornecedores localizados em Minas Gerais com experiência no processo de briquetagem. Dentre os fornecedores mapeados, foi selecionado o fornecedor que apresentou experiência de mercado no processo de briquetagem, capacidade produtiva necessária para a fabricação dos lotes de testes, localização mais próxima a empresa, de modo a reduzir custos logísticos com o transporte da lama e dos briquetes e documentação ambiental

válida para o manuseio de resíduos.

De acordo com as análises físicas e químicas das lamas de aciaria, a equipe técnica da aciaria da empresa determinou duas composições diferentes para fabricação do lote de testes. A primeira composição seria para um briquete feito com 100% de lama fina de aciaria denominado briquete 1 e a segunda composição um briquete composto por 55% de lama fina de aciaria e 45% de lama grossa de aciaria, denominado briquete 2. A umidade máxima determinada para o briquete foi de 2% e a resistência mínima para os briquetes de ambas as composições foi de 25 MPA (vinte cinco Mega Pascal), uma vez que a alimentação do briquete na aciaria seria feito inicialmente através de silos aéreos. O ligante escolhido pela empresa para usar nas duas composições de briquetes foi o alcatrão, que é um material resultante da destilação do carvão mineral realizado na planta de carboquímicos da empresa.

Foram determinadas a fabricação de 2 amostras de cada briquete, com 5 kg cada, para realização das análises laboratoriais de suas propriedades.

Na Tabela 4, a seguir, estão os resultados da amostra 1 (briquete de composição 100% lama fina de aciaria) e, na Tabela 5, amostra 2 (briquete misto com lama grossa e fina de aciaria).

Análises	Unidades	Resultados
Umidade	%	2,62
Densidade	g/ml	2,96
Taboreamento	%	5,26
Quebra por queda	%	15,95
Finos internos	%	23,7
Pressão	Mpa	29,14
Fusão (Fe t)	%	48,19

Tabela 4 - Análise Química e Física Briquete 1 (100% lama fina de aciaria)

Fonte: elaborado pelos autores com dados do laboratório empresa estudada

Análises	Unidades	Resultados
Umidade	%	1,81
Taboreamento	%	2,4
Densidade	g/ml	3,28
Quebra por queda	%	12,68
Finos internos	%	16,5
Pressão	Mpa	27,06

Tabela 5 - Análise Química e Física Briquete 2 (55% lama fina de aciaria e 45% lama grossa de aciaria)

Fonte: elaborado pelos autores com dados do laboratório empresa estudada

De acordo com a análise feita dos resultados apresentados para cada briquete,

foi possível concluir maior atratividade no briquete 2 (composto por 55% lama fina e 45% lama grossa). Dentre os fatores de destaque, o briquete 2 apresentou maior teor de ferro total (19,33% a mais que o briquete 1), umidade dentro do limite máximo de 2% e menor geração de finos (poeiras) oriundas da quebra ou atrito sofridos pelo briquete.

Após realizadas as análises e determinação da melhor composição de briquete para uso, foi solicitado ao fornecedor a fabricação de 200 toneladas do briquete 2 para teste industrial, a fim de verificar o real potencial de uso dos briquetes no processo produtivo, bem como seus ganhos.

Para fabricação do lote de briquetes para teste, foram destinados ao fornecedor 240 toneladas de lama de aciaria nas proporções de 55% lama fina e 45% lama grossa (considerando a perda de aproximadamente 20% de umidade nas lamas).

Os briquetes foram produzidos através do processo de briquetagem por prensas de rolo. Neste processo o material úmido passou por um moinho, para eliminar “torrões” que o mesmo podia apresentar e, em seguida foi enviado ao forno rotativo, para a redução da umidade. Depois de secos os materiais foram enviados a um misturador onde é adicionado o ligante e em seguida enviado ao silo da briquetadeira, onde o material flui continuamente entre dois rolos dotados de moldes em sua superfície formando os briquetes. A Figura 2, a seguir, demonstra este processo.

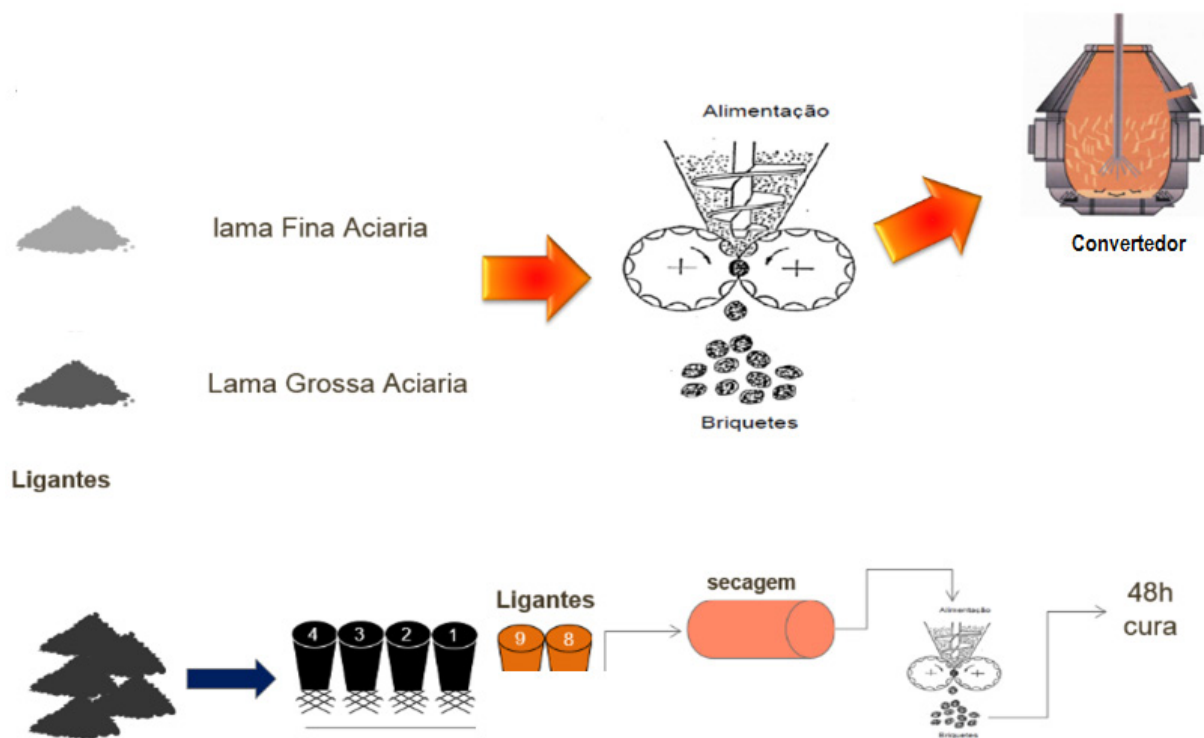


Figura 2 - Processo de Briquetagem

Fonte: elaborado pelos autores com dados da empresa estudada

Depois de prontos os briquetes foram utilizados na aciaria para a produção de aço. Foi verificado, após o uso, que o briquete poderia ser usado como complemento da carga

metálica, possibilitando substituir parte do gusa sólido usado nos convertedores, uma vez que os teores de Fe-T (ferro total) contidos no briquete o tornam tão interessantes quanto o gusa sólido. Além de compor a carga metálica nos convertedores da aciaria, o briquete apresentou características refrigerantes, tornando-o ainda mais atrativo para uso no processo de produção do aço, trazendo maior produtividade e redução de custos.

Destaca-se como outro grande benefício, o ganho ambiental, proveniente da utilização dos briquetes de lama de aciaria no processo de produção do aço, pois contribuem para a eliminação e não geração de passivos ambientais, possibilitando reduzir os possíveis impactos quanto ao consumo de recursos naturais e eliminando custos de destinação final em aterro.

A Tabela 6, a seguir, apresenta cenário econômico sem a adoção do uso de briquetes no processo produtivo siderúrgico da empresa, onde somente a lama grossa de aciaria é reciclada através da venda ao mercado, minimizando o custo de aterro industrial.

CENÁRIO ANTERIOR AO USO DO BRIQUETE	Lama Grossa	Lama Fina
Geração [t/mês]	4.500	6.000
Preço de Venda [R\$/t]	47,6	0
Custo Potencial Aterro [R\$/t]	0	-90
Resultado [R\$/t]	47,6	-90
Resultado [R\$/mês]	214.200,00	-540.000,00
Resultado Total [R\$/mês]	-325.800,00	
Resultado Total [R\$/ano]	-3.909.600,00	

Tabela 6 - Cenário de Custos Anterior ao Uso do Briquetes

Fonte: elaborado pelos autores com dados fornecidos pela empresa estudada

Na tabela 7, a seguir é demonstrado o ganho financeiro com o uso dos briquetes feitos a partir da lama de aciaria em substituição ao gusa, considerando preços praticados em 2018 pela empresa.

Simulação Ganho: Briquete x Gusa Adquirido	R\$/t	Fe [%]	R\$/t Fe
Gusa Sólido Adquirido	1187,00	94	1262,77
Briquete 55% LF + 45% LG	285,00	60	527,78
Ganho Briquete x Gusa Adquirido	(((1262,77-527,78)*60)/100) = 440,99		

Tabela 7 - Composição de Custos do Briquete em Relação ao Custo do Gusa Adquirido em reais por tonelada de ferro

Fonte: elaborado pelos autores com dados referentes a 2018 fornecidos pela empresa estudada

Considerando uma geração de lama total de 11 mil toneladas, seria possível a fabricação de aproximadamente 9 mil toneladas de briquetes (subtraindo a perda de umidade, com a submissão das lamas a briquetagem) e desta forma um ganho potencial de seu uso em substituição ao gusa de R\$ 3.968.910,00 mensais, além da eliminação do passivo mensal de R\$ 325.800,00 causada pela não reciclagem da lama fina, com envio desta para aterro industrial (Tabela 6).

5 | CONCLUSÃO

A indústria siderúrgica é um grande gerador de resíduos e considerando o cenário apresentado ao longo deste artigo é possível perceber a grande importância que os temas relacionados a produção sustentável e gestão correta dos resíduos tem dentro do setor. Esta preocupação se deve em grande parte a questões ambientais, como aumento do volume de geração de resíduos em consequência da produção do aço, legislação mais rigorosa quanto a gestão de resíduos sólidos industriais e preocupação crescente com a preservação dos recursos naturais não renováveis. Também questões econômicas, como custos elevados das matérias primas no mercado, elevados custos para destinação final de resíduos a aterros industriais, estratégia de negócios para redução de custos de produção, entre outros.

É possível concluir a relevância e benefícios em se adotar práticas sustentáveis econômico e ambientalmente viáveis para o reaproveitamento da lama fina de aciaria, assunto central deste artigo, adotando o conceito de economia circular e aplicando sua metodologia para a produção sustentável do aço.

Nos benefícios ambientais obtidos, podemos destacar a minimização de impactos ao meio ambiente com a disposição inadequada dos resíduos e criação de passivos, minimização da extração de recursos naturais não renováveis, produção sustentável do aço, dentre outros. Também relevante, é o impacto econômico positivo resultante da reutilização da lama fina de aciaria no processo de produção do aço, onde é possível substituir em percentuais consideráveis o uso de matérias primas como o a do ferro gusa, que se apresentava em 2018 com preços em ritmo de crescimento no mercado.

Diante de todo cenário apresentado, se faz importante a consolidação e constante desenvolvimento de práticas e tecnologias que possibilitem a transformação de resíduos que representam grandes volumes de subprodutos gerados na siderurgia, em matérias primas com vistas à promoção da sustentabilidade e competitividade do setor siderúrgico.

REFERÊNCIAS

AMORIM, ALDO SIERVO. **Alternativas de reciclagem de lama de aciaria em concretos e argamassas**. São Paulo, 2000.

CUNHA, Adriano Ferreira da; MOL, Marcos Paulo Gomes; MARTINS, Maximo Eleotério; ASSIS, Paulo Santos. **Caracterização, beneficiamento e reciclagem de carepas geradas em processos siderúrgicos**. Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 59, n. 1, p. 111-116, mar. 2006.

DINIZ, Eliezer M.; BERMANN, Celio. **Economia verde e sustentabilidade**. Estud. av., São Paulo, v. 26, n. 74, p. 323-330, 2012.

Instituto Aço Brasil - **Relatório de sustentabilidade de 2016**. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site2015/relatorios.asp> >. Acesso em: 24 set. 2017.

LUZ, André Silva da. **Estudo de reciclagem dos resíduos siderúrgicos por meio da tecnologia Tecnored para uso em forno elétrico a arco**. Fundação Universitaria Vida Cristã – FUNVIC. São Paulo, 2016.

MACHADO; CHAVES; REIS; ANDRADE; BASSI. **Resíduos sólidos da siderurgia: Tecnologias de reutilização e reciclagem**. 59º Congresso Anual da ABM, São Paulo, 2004.

MENDES, Jefferson Januario. **Influência da adição da lama fina de aciaria a oxigênio nas características físicas e microestruturais de pelotas queimadas de minério de ferro**. Rede Tecnica de Engenharia de materiais. Ouro Preto, 2009.

MOREIRA, Maria Suely. **Estratégia e implantação do sistema de gestão ambiental**. São Paulo: FALCONI, 2006.

PRODANOV, Cleber Cristiano. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico** /Cleber Prodanov, Ernani Cesar de Freitas – 2 ed. – Novo Hamburgo: Feevale,2013.

ROCHA; CASTRO; RIBEIRO; JACOMINO; LOPES. **Aproveitamento de residuos gerados na limpeza dos gases de alto forno através da briquetagem**. 57º Congresso Anual da ABM. São Paulo, julho de 2002.

VIEIRA, C.M.F. ; INTORNE, S.C. ; VERNILI JR, F; MONTEIRO, S.N.. **Cerâmica vermelha incorporada com lama fina de aciaria**. Revista Matéria, v. 12, n. 2, pp. 269 – 275, 2007.

SOBRE O ORGANIZADOR

MARCOS WILLIAM KASPCHAK MACHADO Professor na Unopar de Ponta Grossa (Paraná). Graduado em Administração- Habilitação Comércio Exterior pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especializado em Gestão industrial na linha de pesquisa em Produção e Manutenção. Doutorando e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com linha de pesquisa em Redes de Empresas e Engenharia Organizacional. Possui experiência na área de Administração de Projetos e análise de custos em empresas da região de Ponta Grossa (Paraná). Fundador e consultor da MWM Soluções 3D, especializado na elaboração de estudos de viabilidade de projetos e inovação.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-256-2

