

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Centro de Pós-graduação e Pesquisa em Administração
Programa de Pós-graduação em Gestão Estratégica (CEGE) / CE

Gabriela Ferreira Pinto de Assis

**APROVEITAMENTO DE GASES PROVENIENTES DA FABRICAÇÃO DE FERRO
GUSA PARA GERAR TERMOELETRICIDADE**

Belo Horizonte

2023

Gabriela Ferreira Pinto de Assis

**APROVEITAMENTO DE GASES PROVENIENTES DA FABRICAÇÃO DE FERRO
GUSA PARA GERAR TERMOELETRICIDADE**

Versão final

Artigo científico apresentado ao Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão Estratégica de Negócios Sustentáveis.

Orientador: Ricardo Teixeira Veiga

Belo Horizonte

2023

Ficha Catalográfica

A848a Assis, Gabriela Ferreira Pinto de.
2023 Aproveitamento de gases provenientes da fabricação de ferro gusa para gerar termoeletricidade [manuscrito] / Gabriela Ferreira Pinto de Assis . – 2023.
26 f. : il.

Orientador: Ricardo Teixeira Veiga.
Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração.

Inclui bibliografia (f. 24-26).

1. Administração de empresas 2. Sustentabilidade I. Veiga, Ricardo Teixeira. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração. III. Título.

CDD: 658

Elaborado por Rosilene Santos CRB6-2527
Biblioteca da FACE/UFMG – RSS 74/2023



Universidade Federal de Minas Gerais
Faculdade de Ciências Econômicas
Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração
Curso de Especialização em Gestão Estratégica

ATA DA DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO da Senhora **GABRIELA FERREIRA PINTO DE ASSIS**, matrícula nº 2021673655. No dia 05/05/2023 às 17:00 horas, reuniu-se em sala virtual, a Comissão Examinadora de Trabalho de Conclusão de Curso - TCC, indicada pela Coordenação do Curso de Especialização em Gestão Estratégica - CEGE, para julgar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "**Aproveitamento de Gases Provenientes da Fabricação de Ferro Gusa para Gerar Termoeletricidade**", requisito para a obtenção do Título de Especialista. Abrindo a sessão, o orientador e Presidente da Comissão, Prof. Ricardo Teixeira Veiga, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas Regulamentares de apresentação do TCC, passou a palavra ao aluno para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, seguido das respostas da aluna. Logo após, a Comissão se reuniu sem a presença da aluna e do público, para avaliação do TCC, que foi considerado:

APROVADO

NÃO APROVADO

90 pontos (NOVENTA) trabalhos com nota maior ou igual a 60 serão considerados aprovados.

O resultado final foi comunicado publicamente a aluna pelo orientador e Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Senhor Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 05/05/2023.

Prof. Ricardo Teixeira Veiga
(CEPEAD/UFMG)

Ricardo Teixeira

Veiga:54045584668

Assinado de forma digital por
Ricardo Teixeira
Veiga:54045584668
Dados: 2023.05.31 09:35:18 -0300

Prof^a Jacqueline Braga Paiva Orefici

“O saber é a razão de ser da existência do homem na Terra; a primeira e a última de suas tarefas” (Carlos Bernardo González Pecotche, Fundador da Logosofia).

Resumo

Este trabalho parte do pressuposto de mostrar o quão vantajoso pode ser, para a Siderurgia Alfa LTDA, produzir sua própria energia e o quanto são sustentáveis os seus processos. As informações obtidas foram fornecidas em uma entrevista sobre sua usina Termoeletrica, legislação, meio ambiente e através de pesquisas bibliográficas. Para a obtenção do ferro gusa é necessário uso de minério de ferro em sua forma de óxido de ferro e o carvão vegetal que é combustível reagente de redução deixando o ferro livre dentro do alto forno e durante o processo de fabricação as reações químicas eliminam gases e estes são reaproveitados na fabricação da termoeletricidade. A maioria das Termoeletricas movidas a gás recebem os gases da siderurgia e convertem os mesmos que eram energia térmica em mecânica e esta em energia elétrica ou termoeletrica. A empresa Alfa ampliou sua planta industrial para a construção de uma termoeletrica, demonstrando sua grande preocupação com o meio ambiente e contribuindo para o desenvolvimento sustentável, já que todo o excedente de energia é comercializado no mercado, reduzindo ainda mais a utilização de recursos naturais. Como sua produção injeta na economia cerca de 26.000 MW/ano de energia limpa e cada MW/ano de potência equivale a 8.760 MWh de energia e o valor do MWh de energia saiu em leilão pelo preço médio de R\$ 67,70. Supondo a venda da termoeletricidade por este preço e multiplicando os valores, obtemos o lucro anual de R\$ 15.419.352.000. Já através do cultivo de eucalipto para gerar carvão vegetal, supondo o gasto médio anual de 276.000 toneladas de carvão vegetal e que o mesmo custa cerca de R\$ 380 a tonelada para a siderurgia de ferro gusa, sua economia é de R\$ 104.880.000 por ano, sem contar seu excedente que é comercializado para diversos fins. Além desta economia de eucalipto utilizar este tipo de madeira de reflorestamento preserva o meio ambiente, reduz a extração de florestas nativas diminuindo o desmatamento, protege a biodiversidade, mantém puro os regimes hídricos, os solos férteis, a qualidade da água e do ar. Os resultados mais importantes não estão relacionados ao monetário, mas ao meio ambiente, como por exemplo a redução da emissão de gases da fundição, o reaproveitamento da água utilizada em toda a siderurgia, não poluindo rios, o consumo de CO² pelo eucalipto. Conclui-se que novos estudos podem ser feitos para detalhar as vantagens da implementação de termoeletricas, não somente nas siderúrgicas mais em empresas de setores diversos que tem grande consumo de termoeletricidade em suas atividades.

Palavras-chave: ferro gusa, termoeletricidade, sustentabilidade.

Abstract

This paper aims to show the advantages of producing its own energy for Siderurgia Alfa Ltda and how sustainable its processes are. The information was obtained through an interview about their thermal power plant, legislation, environment, and bibliographic research. The production of pig iron requires the use of iron ore in its oxide form and charcoal, a reducing fuel that leaves iron free inside the blast furnace. During the manufacturing process, chemical reactions eliminate gases, which are reused in power generation. Most gas-fired thermal power plants receive gases from steelworks and convert them from thermal energy to mechanical and then to electrical or thermal energy. Alfa has expanded its industrial plant to build a thermal power plant, demonstrating its great concern for the environment and contributing to sustainable development. All surplus energy is sold in the market, further reducing the use of natural resources. As its production injects around 26,000 MW/year of clean energy into the economy, and each MW/year of power is equivalent to 8,760 MWh of energy, and the average auction price for energy is R\$67.70/MWh, assuming the sale of thermal electricity at this price, the annual profit is R\$15,419,352,000. By cultivating eucalyptus to generate charcoal, assuming an annual average expenditure of 276,000 tons of charcoal costing around R\$380/ton for pig iron steelmaking, the company saves R\$104,880,000 per year, not counting the surplus sold for various purposes. Besides this saving, using this type of reforestation wood preserves the environment, reduces the extraction of native forests, diminishing deforestation, protects biodiversity, maintains pure water and air quality, and keeps fertile soils. The most important results are not related to monetary aspects, but to the environment, such as reducing the emission of gases from the foundry, reusing water used throughout the steelmaking process, not polluting rivers, and the CO₂ consumption by eucalyptus. In conclusion, further studies can be carried out to detail the advantages of implementing thermal power plants, not only in steelmills but also in companies from various sectors that have high consumption of thermal energy in their activities.

Keywords: pig iron, thermoelectricity, sustainability.

Lista de figuras

Figura 1: Vista de uma siderúrgica de ferro gusa.....	12
Figura 2: Ferro gusa líquido	13
Figura 3: Ferro gusa sólido.....	13
Figura 4: Peças de automóveis	13
Figura 5: Interior de um alto-forno.....	14
Figura 6: Termoelétrica Vista aérea	19
Figura 7: Termoelétrica Vista externa.....	20
Figura 8: Termoelétrica Vista lateral.....	20

Sumário

1 INTRODUÇÃO	08
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Fabricação de ferro-gusa	10
2.2 Termoelétrica.....	15
2.3 Sustentabilidade.....	15
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	16
3.1 Empresa Alfa LTDA	16
4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	21
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel, 2022) a energia termoelétrica é a segunda fonte energética mais utilizada no Brasil, representando quase 25% da potência energética nacional, sendo a Região Sudeste a que concentra a maior parte dessas unidades Termoelétricas (Paloma Guitarrara).

Em contrapartida o Brasil é um dos poucos países do mundo que utiliza energia renovável para a produção de ferro-gusa, no caso, proveniente de hidroelétricas, sendo que Minas Gerais possui o maior e mais importante parque industrial produtor de ferro-gusa, cuja qualidade é melhor para a fabricação de aço e peças de metal fundido.

Segundo o Sindicato das Indústrias de Ferro de Minas Gerais além do avanço tecnológico produtivo, Minas possui hoje 63 plantas que já produziram mais de seis milhões de toneladas de ferro-gusa por ano. Atualmente o que o estado produz representa 75% da produção nacional. Sendo 43 usinas operando no setor, gerando cerca de nove mil empregos, tendo como seus principais clientes os Estados Unidos, China, Países Baixos e Turquia. O Diário do comércio afirma que a produção prevista para 2022 é de 4,35 milhões de toneladas podendo aumentar cerca de 7% em relação ao ano anterior, mas devido o quadro Mundial a expectativa pode chegar ao crescimento de 10% produzindo cerca de 4,5 milhões de toneladas, contribuindo com a geração de 20% do Produto Interno Bruto (PIB) e na geração de empregos do país.

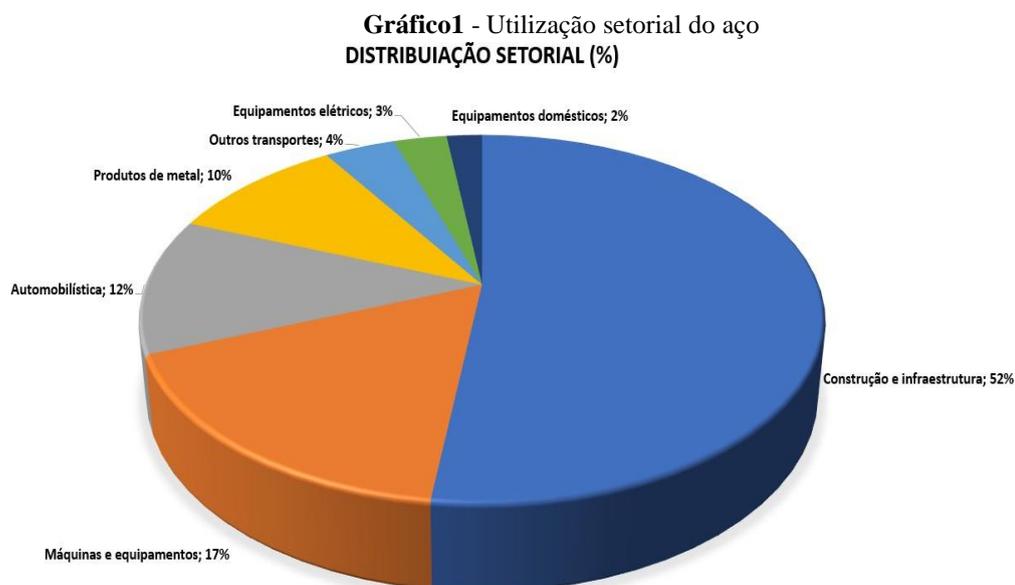
A siderurgia se tornou um indicador de desenvolvimento passando a medir a capacidade dos países de e/ou comercializar os produtos frutos da siderurgia e seus insumos. Em meados do século XX, o Brasil se encontrava entre os três países que possuíam reservas de minério mais conhecidas em todo o mundo, e passou para o segundo lugar após o descobrimento de ricas reservas no Norte de Minas e em Carajás no Pará (MACHADO, 2006).

A siderurgia Alfa LTDA (nome fictício) é detentora de um dos modelos mais significativos da sustentabilidade industrial e em alguns casos supera o que a legislação exige. Esse modelo usa energia renovável proveniente do carvão vegetal, que é 100% proveniente de florestas de eucalipto plantadas para esse fim, além da produção de madeira tratada utilizada para diversas finalidades, o que gera balanço positivo para o meio ambiente.

Há mais de 25 anos reflorestando a espécie Eucalyptus SSP, são cultivados milhares de hectares em local estratégico. Nas fazendas Alfa o meio ambiente sempre está em primeiro lugar sendo preservado e respeitado. Hoje cerca de 45% das suas áreas são de reserva legal e permanente preservação com veredas, córregos, rios e cachoeiras. São locais onde animais e plantas nativas são sempre protegidos para se desenvolverem livremente com água e alimentos em abundância. O grupo também possui a Madeireira Gama Florestal (nome fictício) que atende diversas regiões de Minas Gerais e estados vizinhos fornecendo madeira tratada de qualidade para diversas finalidades como estacas, palanques, esticadores, bancos, postes, cruzetas, esteios, caibros e madeira para telhados em geral.

O gusa da empresa Alfa também é proveniente dos melhores minérios de ferro e fundentes do quadrilátero ferrífero, além de só adquirem matéria-prima de mineradoras que possuem certificado ambiental, a empresa detém uma parcela expressiva do mercado porque seu produto apresenta alto grau de qualidade metalúrgica e baixo teor de impureza.

Sendo proveniente do resultado da fusão e purificação do minério de ferro, o gusa é transformado em um líquido 95% ferroso fruto da reação química $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{CO} \rightarrow 2 \text{Fe} + 3\text{CO}_2$ (óxido de ferro somado a três moléculas de monóxido de carbono, reagindo e originando duas moléculas de ferro e três de dióxido de carbono) e também é utilizado como matéria-prima para a fabricação de aço em outras especificações, estando de acordo com o tipo de produto o qual o aço originará, encontram-se presentes em nosso dia a dia em utensílios, automóveis, construção civil, medicina, etc. O gráfico a seguir é um exemplo de sua distribuição setorial.



Fonte: SICETEL, 2021, página 97

Além da sustentabilidade proveniente do carvão a empresa contribui também com a totalidade de energia termoelétrica que consome, evitando o consumo de energia produzida fora, o que acarreta uma menor emissão de carbono dos produtos finais. Este trabalho vai aprofundar mais no assunto e mostrar o quão vantajoso é para a empresa produzir sua própria energia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fabricação de ferro-gusa

Para melhor compreensão se faz necessário uma breve descrição sobre o processo de fabricação do ferro-gusa para identificar a necessidade da instalação da termoelétrica. A obtenção do ferro gusa se dá através do minério de ferro em sua forma de óxido de ferro. O carvão mineral e o vegetal utilizados podem ter duas funções na fabricação do aço proveniente do gusa, como combustível alcançando altas temperaturas reduzindo o minério, e reagente de redução, deixando o ferro livre dentro do alto forno (IABr, 2015).

Na siderurgia nacional, o carvão vegetal é utilizado como combustível em cerca de 20% do total produtivo de ferro gusa (SINDIFER, 2016). O carvão vegetal além de combustível dá origem ao gás que vai auxiliar na redução do minério de ferro, através da circulação de calor na carga do alto-forno (SILVA, J. N., 2011).

O ferro gusa é uma liga metálica originada da redução do minério de ferro em forma granulométrica, de sinter ou de pelotas, através do carvão vegetal juntamente com o calcário servindo de combustíveis ou redutores (DIAS, C. A. C. M., 2011). O calcário atua como fundente no processo aglutinando as impurezas provenientes da fusão do minério de ferro, originando a escória (SILVA, J. N., 2011).

O alto forno é o equipamento mais presente nas siderúrgicas de ferro gusa em todo o mundo, sua estrutura é dividida em topo, goela, cuba, rampa e cadinho mais além dessas existem outras partes de extrema importância no processo produtivo sendo elas: ventaneiras, coroa ou anel de vento e canal (SILVA, J. N., 2011).

Após receber o minério de ferro e seu agente redutor carbonoso, as matérias-primas dogusa são processadas em alto fornos que são alimentados pelo carvão vegetal proveniente do eucalipto.

Os altos fornos são equipamentos ímpar e de grande sensibilidade a bruscas variações de temperatura, portanto exigem um rígido controle da qualidade da matéria-prima recebida e enfornada, o que é importante para a qualidade operacional e controle do aquecimento no processo de fundição. Já o carvão pode representar até 70% do volume da carga enfornada, tendo a função de permeabilizante da carga e alto poder energético.

No alto-forno o carregamento é feito na região da goela, onde também é distribuída a carga através de distribuidores instalados na sessão. A cuba é a maior região inferior pois nela ocorre a expansão da carga devido ao aumento da temperatura e evita a agregação de material semifundido nas paredes do forno (RIZZO, 2009).

A região de formato cilíndrico é o ventre, sendo a maior região do alto-forno, onde ocorre o pré-aquecimento, redução e fusão parcial da carga, com grande variação de temperatura, devendo o seu sistema de resfriamento ser o mais eficiente possível (MOURÃO, 2011).

Segundo Rizzo (2009) a rampa faz o gotejamento do ferro gusa e da escória para o cadinho que em sua parte superior possui ventaneiras, que são acopladas a bicos injetores para a injeção do ar aquecido proveniente dos regeneradores, na parte inferior encontram-se furos para drenar o ferro gusa e a escória.

Segundo Mourão (2011) as ventaneiras possuem sistema de resfriamento de água sob alta pressão, em sua frente está a zona de combustão, onde acontece a oxidação do carbono doredutor que neste caso é o carvão vegetal e as injeções que formam o monóxido de carbono e hidrogênio atuando como redutores no alto-forno. O monóxido de carbono (CO) reage com o oxigênio do óxido de ferro (Fe_2O_3) do minério de ferro.

O ferro gusa é uma camada mais densa que a escória, que é formada pela decomposição do calcário originando em óxido de cálcio e dióxido de carbono e algumas impurezas como por exemplo silicatos e aluminatos, essa escória recebe jatos de água que fazem sua granulometria ser fina. O ferro gusa é então direcionado para a aciaria onde o uso de oxigênio reduz suas impurezas e será transformado em aço ou lingotes, chegando ao produto final (SILVA, J. N., 2011).

Durante o processo de liquefação do ferro-gusa são gerados gases que servirão de matéria-prima para a geração de energia termoelétrica. Sabe-se que as produções de ferro e aço estão entre os maiores emissores de CO_2 (Hasanbeigi et al., 2013). Sendo assim, a avaliação do impacto da emissão de gás carbônico é de maior importância para a siderurgia nos tempos atuais.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) este gás é um dos maiores responsáveis pela poluição do ar, ocorrência de chuvas ácidas e efeito estufa, que é o maior causador de mudanças climáticas como a elevação das temperaturas médias globais, que hora trazem períodos muito chuvosos, com tempestades e de muita seca no cenário mundial.

A empresa estudada fabrica principalmente peças de automóveis, vendidas para grandes grupos brasileiros e estrangeiros, que exigem gusa com alto fator de pureza para atender as especificações da legislação nacional e internacional.

Figura 1 – Vista de uma siderúrgica de ferro gusa



Fonte: Programa Mundo dos Negócios

Figura 2 – Ferro gusa líquido



Fonte: Programa Mundo dos Negócios

Figura 3 – Ferro gusa sólido



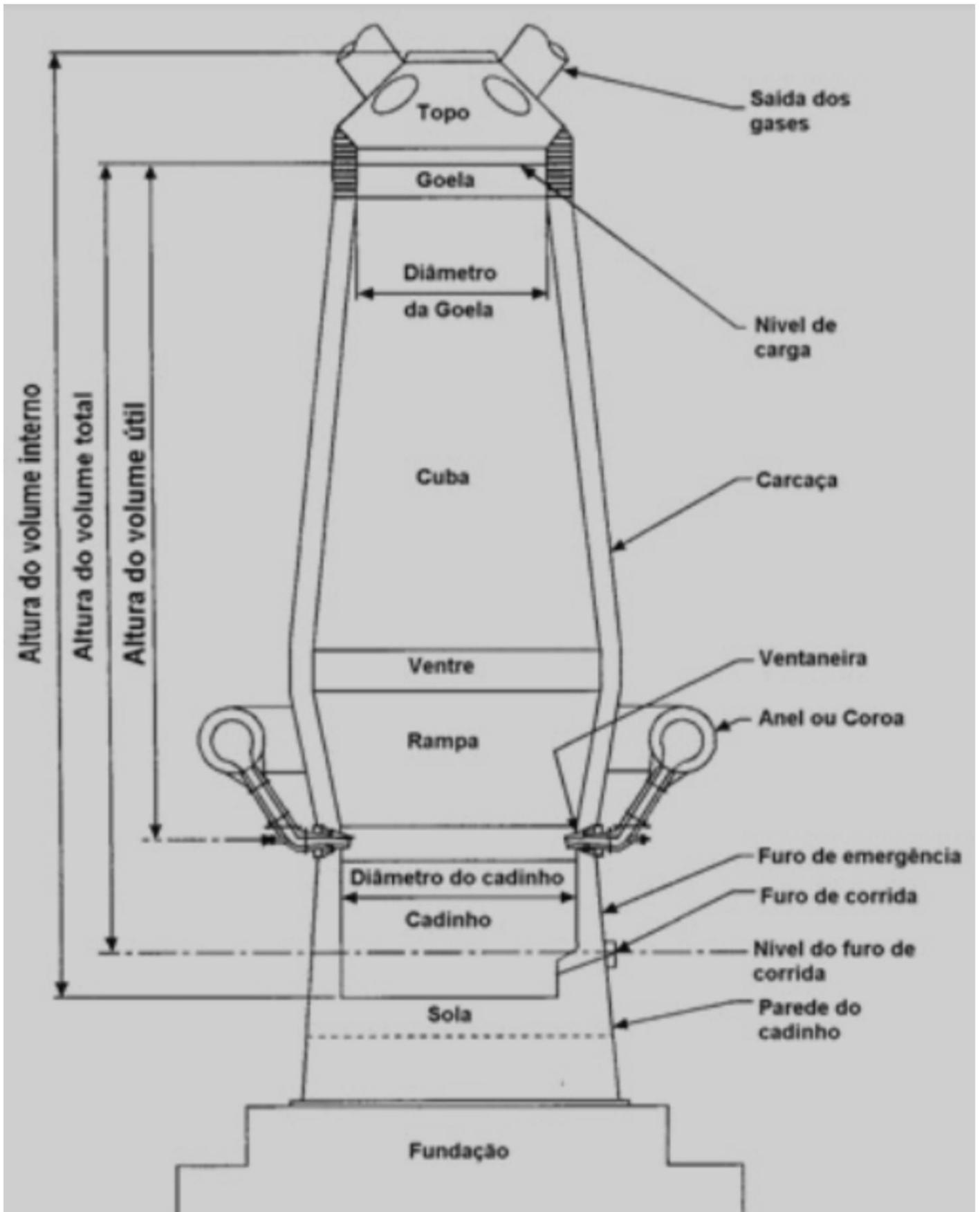
Fonte: Programa Mundo dos Negócios

Figura 4 – peças de carro



Fonte: Programa Mundo dos Negócios

Figura 5 – interior de um alto-forno



Fonte: Carvalho, 2014

2.2 Termoelétrica

A maioria das termoelétricas brasileiras, que são movidas a gás e são alimentadas pelos gases provenientes das siderúrgicas, que convergem energia térmica em mecânica e esta em elétrica passam por algumas fases.

Na primeira fase identificamos a energia térmica no processo de combustão de gases da siderurgia, que através de tubos envia o gás para uma caldeira onde o calor gerado a partir desses elementos é transformado em vapor de água.

Em seguida o vapor em condições de alta pressão faz girar a turbina a vapor, este tipo possibilita a construção de unidades de grandes potências, além de alta confiabilidade, vida útil e eficiência. Nesta fase a energia térmica da origem a energia mecânica de rotação.

A energia mecânica se converge em elétrica quando a turbina aciona o gerador elétrico e a energia é então conduzida para um transformador onde é distribuída para consumo, fase onde a energia elétrica predomina, enquanto o vapor se transforma em água e a mesma é resfriada por condensação e redirecionada para os tubos da caldeira, repetindo o ciclo (Empresa de pesquisa energética, 2016).

2.3 Sustentabilidade

O termo desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade originou na Conferência das Nações Unidas (ONU) em 1972, sendo posteriormente definido pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente (CMMAD) em 1987, e evidenciado no relatório de Brundtland, “sustentável é aquele que é capaz de atender as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras e suas necessidades” (CMMAD, 1991, p. 46).

Em um outro conceito a sustentabilidade integra e equilibra com resiliência ambiental, desempenho econômico e inclusão social, beneficiando as gerações atuais e futuras (Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hutlink, 2017).

Segundo a Agência nacional de Energia Elétrica (ANEEL) todos os tipos de geração termelétrica que visem à redução dos custos de implementação e operação, melhoram a eficiência das plantas e das fontes, diminuindo o impacto ambiental e colaborando com a sustentabilidade das termoelétricas.

Considerando o crescimento da participação de geração na matriz energética brasileira, é de fundamental importância investir na incorporação dos resultados pela empresa e por instituições de pesquisa.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho é um estudo de caso baseado em uma entrevista com o gerente de meio ambiente sobre a usina termoeletrica da empresa Alfa LTDA. Foi possível coletar informações sobre a motivação e o funcionamento da termoeletrica que é movida à gás.

Nesta ocasião permitiu-se conhecer e coletar dados sobre: o aproveitamento de gases provenientes da fabricação do ferro gusa para gerar termoeletricidade, o reaproveitamento da água e as suas florestas de eucalipto.

Para o levantamento das informações foi elaborado um roteiro de entrevista, dividido em áreas específicas de investigação. O roteiro foi estruturado da seguinte maneira: motivação da criação da termoeletrica, legislação ambiental, funcionamento e reaproveitamento da água.

3.1 Empresa Alfa LTDA

Iniciando suas atividades em 1984 em Minas Gerais a siderúrgica Alfa LTDA produz própria energia que consome em sua planta, buscando sinergia entre diversas etapas da indústria, unindo a parte florestal com o plantio de eucalipto, junto com a produção de ferro-gusa e a geração de energia utilizando os gases do auto forno.

Possui todas as certificações que o mercado exige, buscam aprimoramento constante trazendo a sustentabilidade do ponto de vista ambiental detém as certificações: DELIBERAÇÃO NORMATIVA Nº 24, DE 21/10/1997 (Dispõe sobre o licenciamento ambiental de obras do sistema de transmissão de energia elétrica); (Publicação - Diário do Executivo - Minas Gerais - 30/10/1997); RESOLUÇÃO CONJUNTA ANA/ ANEEL Nº 127, DE 26 DE JULHO DE 2022 (Estabeleceu as condições e os procedimentos a serem observados pelos titulares de empreendimentos hidrelétricos com potência instalada superior a 1.000 kW para a instalação e operação de estações hidrológicas, visando ao monitoramento pluviométrico, limnimétrico, defluência, fluviométrico, sedimentométrico e de qualidade da água, e para o acompanhamento do assoreamento de reservatórios); RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 956 DE 07 DE DEZEMBRO DE 2021 (Estabelece os Procedimentos de Distribuição de

Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional); RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 915, DE 23 DE FEVEREIRO DE 2021 (Regulamenta no que se refere aos limites à exposição humana a campos elétricos e magnéticos originários de instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica); RESOLUÇÃO CONAMA Nº 08, DE 06 DE DEZEMBRO DE 1990 (Dispõe sobre o estabelecimento de limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes fixas de poluição); RESOLUÇÃO CONAMA Nº 06, DE 16 DE SETEMBRO DE 1987 (Considerando a necessidade de que sejam editadas regras gerais para o licenciamento ambiental de obras de grande porte, especialmente aquelas nas quais a União tenha interesse relevante como a geração de energia elétrica,...); RESOLUÇÃO CONAMA Nº 279, DE 27 DE JUNHO 2001 (Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental); PORTARIA NORMATIVA Nº 30/GM/MME, DE 22 DE OUTUBRO DE 2021 (Instituir, no âmbito do Ministério de Minas e Energia, o Programa de Análise de Impacto Regulatório, com base na legislação vigente); PORTARIA INMETRO Nº 180, DE 11 DE ABRIL DE 2013 (diz respeito à metodologia relativa às atividades do controle legal para sistemas distribuídos de medição de energia elétrica); DECRETO Nº 5.025, DE 30 DE MARÇO DE 2004 (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica); DECRETO Nº 2.003, DE 10 DE SETEMBRO DE 1996 (Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor e dá outras providências) e LEI Nº 9.478, DE 6 DE AGOSTO DE 1997 (Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências); também possui a certificação da NBR ISO 9001 (Estabelece requisitos para o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) de uma organização) e NBR ISO 14001 (é uma norma internacional que estabelece diretrizes para Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em empresas e organizações).

Situada em Minas Gerais a empresa Alfa LTDA em sua criação iniciou sua participação no grupo das siderurgias controladas pela Siderurgia Brasileira S. A. amparada pelo Decreto –Lei Nº 2.350, de 31 de Julho de 1987 começou a receber valor de incentivo fiscal que é apurado pelos estabelecimentos industriais das empresas siderúrgicas controladas pela Siderurgia Brasileira – (GRUPO SIDERBRÁS), na forma prevista na Lei nº 7.554, de 16 de Dezembro de 1986 e o benefício se estende até os dias de hoje para todas as participantes.

Segundo a Rede de Informação Legislativa e Jurídica LEXML e a Agência Nacional de Energia Elétrica, o Diretor Geral de Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL concedeu a RESOLUÇÃO AUTORIZATIVA nº 2.276, de 22/02/2010 que resolve:

Art. 1º Autoriza a empresa a estabelecer-se como produtor independente de energia elétrica, mediante a implantação e exploração de sua Usina Termoelétrica constituída por um turbo gerador de 8.800 KW utilizando-se de gás de alto forno proveniente de carvão vegetal como combustível.

Art.2º Autoriza implantar o sistema de transmissão de interesse restrito da central geradora, constituído de uma subestação de 13,8/ 13,8KV, com transformadores de 10.000 KVA, de onde sai uma linha de transmissão em circuito simples, com 0,12 KM de extensão até a subestação Betim 5 de propriedade da CEMIG Distribuidora S. A.

Art. 4º Fica estabelecido em 50% o percentual de redução a ser aplicado às tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, para o transporte de energia gerada pela UTE Alfa enquanto a potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição for menor ou igual a 30.000 KW.

A empresa Alfa além desses incentivos teve como principal motivação a visão de crescimento e preservação do meio ambiente, pois com a criação da sua termoelétrica iria aumentar o número de empregos, traria economia para a empresa e aproveitaria o gás gerado no processo produtivo para a produção de energia.

A utilização deste gás do tipo monóxido de carbono, é proveniente dos sete alto fornos, instalados na siderurgia para a produção de ferro gusa, permitindo que a empresa não tenha custo com combustível para alimentar a caldeira.

O gás enviado para a caldeira é lavado através de lavadores próprios para gás do tipo multi-venture e os gases que saem da chaminé são filtrados por filtro manga, sendo devolvido ao meio ambiente, estando de acordo com as normas ambientais.

Na empresa Alfa o processo se inicia com o tratamento de água para uso na caldeira através do processo da estação de desmineralização, equipamento composto por vários filtros em série cuja função é a de deixar a água pura e isenta de sais minerais, onde os sais minerais contidos na água são removidos através da utilização dos leitos de troca iônica e a água proveniente da indústria é posteriormente resfriada para uso nos equipamentos.

Após o tratamento a água é enviada para a caldeira onde se produz vapor através de calor proveniente da queima do gás. O vapor é elevado a altas pressões e temperaturas e encaminhado para girar o eixo da turbina, que é acoplado ao redutor de velocidade, por sua vez é acoplado ao gerador de energia elétrica.

A água utilizada para produzir o vapor não se perde devido o uso de uma turbina de condensação, ou seja, a água utilizada para produzir o vapor retorna para o processo de forma líquida graças ao uso do condensador de superfície cuja capacidade é de retornar cerca de 95% da água utilizada. A água de resfriamento após resfriar todo sistema na termoelétrica é enviada para o resfriamento nos processos dos alto fornos.

Todo esse processo é monitorado via supervisório Elipse já que por se tratar de uma usina automatizada o supervisório é a base da operação onde é monitorado e controlado todo o processo, é a interface entre máquina e operador onde qualquer anomalia é acusada e tratada.

Além de cumprir com toda a legislação a empresa Alfa passa pela fiscalização que é realizada pelos órgãos ambientais competentes, e todos os requisitos ambientais são auditados anualmente por uma empresa terceirizada, além da auditoria interna que ocorre regularmente.

Com a utilização da termoelétrica a empresa deixou de consumir em torno de 37.200 MW/ ano de energia externa e injetam no sistema energético cerca de 26.000 MW/ ano, produzindo cerca de 8,8 MW/ mês de energia limpa e ainda vende todo o excedente de energia não utilizado em suas plantas.

Figura 6 – termoelétrica Vista aérea



Fonte: Empresa Alfa

Figura 7 – termoeétrica Vista externa



Fonte: Empresa Alfa

Figura 8 – Termoeétrica Vista lateral



Fonte: Empresa Alfa

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

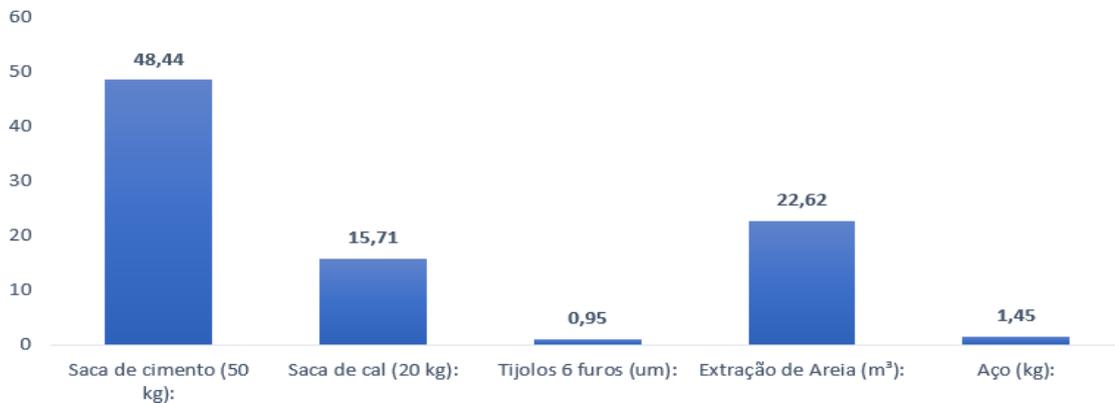
A empresa Alfa afirma ter ampliado sua planta industrial para investir na construção de uma termoelétrica, o que demonstra sua grande preocupação com o meio ambiente e contribuição para o desenvolvimento sustentável interno e externo, já que seu excedente é comercializado no mercado, reduzindo ainda mais a utilização de recursos naturais (Entrevistado, 2022).

Os principais benefícios esperados são a redução de gasto com energia termoelétrica, investimento em carvão vegetal e a preservação do meio ambiente. Como a produção de energia elétrica da empresa Alfa vende cerca de 26.000 MW/ano de energia limpa e cada MW/ano de potência equivale a 8.760 MWh de energia, multiplicando-se isso obtemos 227.760.000 MWh. Segundo o Site Mercado Livre de Energia o valor do MWh de energia em leilão saiu pelo preço médio de R\$ 67,70. Se supormos a venda da termoeletricidade por este preço e multiplicarmos os valores, obtemos o lucro anual de R\$ 15.419.352.000.

A outra grande vantagem é o cultivo de eucalipto para gerar carvão vegetal e reaproveitarem o excedente da madeira tratada. Atualmente a tonelada do carvão vegetal para a siderurgia de ferro gusa custa R\$ 380, utilizando mensalmente cerca de 23.000 toneladas de carvão e aproximadamente 276.000 toneladas anual obtém-se a economia de R\$ 104.880.000, sem contar com o excedente que é comercializado para diversos fins.

Além da economia de eucalipto em sua produção, utilizar madeira de reflorestamento tem o importante valor de preservação do meio ambiente, reduz a extração em florestas nativas, diminui o desmatamento, protege a biodiversidade, mantém puro os regimes hídricos, os solos férteis, a qualidade da água e do ar. As florestas de eucalipto são de extrema eficiência para a redução do efeito estufa causados por gases enviados para a atmosfera, provocando o aquecimento global, atuando na remoção destes gases com o sequestro do carbono feito pelas florestas, devolvendo ao meio ambiente O² e a substituição de tradicionais materiais de construção que utilizariam cimento, areia e tijolos por madeira de reflorestamento que emitiriam CO² em sua fabricação, contribuindo ainda mais para a redução da emissão do gás.

Gráfico 2 – Emissões de CO²
EMISSÕES CO₂ (KG)



Fonte: Madeireira Gama Florestal

Para se ter uma ideia a construção de uma casa de alvenaria de 70 m² emite cerca de 15,68 toneladas de CO², já para uma casa de madeira tratada com as mesmas dimensões (utilizando apenas alicerces de concreto) são sequestradas cerca de 2,14 toneladas de CO².

Já a economia de água utilizada para produzir o vapor que não se perde e tem retorno de cerca de 95% para reutilização nos processos graças o uso do condensador de superfície. Além de não retornar para o meio ambiente sem tratamento e poluir rios e nascentes, não é necessário adquirir mais água do que já se utiliza na siderúrgica.

Toda a escória é rica em calcário, manganês e bauxita, uma parte é doada para a prefeitura de Betim e o restante é vendido para cimenteiras que usam na construção civil para recuperar base de estradas, asfalto, aterro ou terraplanagem, agregado para concreto, cimento, entre outros produtos que dependendo do tipo de escória podem ser utilizados em aplicações especiais como lã mineral, lastro ferroviário, material para cobertura, isolamento, vidro, entre outros.

Ao gerar energia termoelétrica proveniente dos gases originados durante à produção do ferro gusa não se polui o ar pois os gases utilizados na termoelétrica não são diretamente injetados na atmosfera, sendo muito pouco do excedente de gás proveniente da produção de ferro gusa tratado por filtros antes de chegarem a atmosfera. Já ao se reaproveitar a água evita-se poluir as águas dos rios e nascentes e ao produzir o próprio carvão vegetal em suas florestas preservar a fauna e a flora nativas, sequestra o CO² e produz O², a empresa Alfa só vem se mostrando uma empresa lucrativa e autossustentável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste trabalho foi mostrar o quão vantajoso é poder produzir sua própria energia termoelétrica e foi possível também mostrar outras economias.

A empresa Alfa LTDA é uma grande siderúrgica do segmento de produção de ferro gusa de sua região. Possui toda a certificação necessária para operar sua planta e por só adquirir matéria-prima de mineradoras que possuem regulamentação ambiental, detém uma parcela expressiva do mercado pois seu produto possui alto grau de qualidade metalúrgica e baixo teor de impureza. Produz toda a matéria prima utilizada para aquecer seus altos fornos e reaproveita toda água que retira do rio Betim, contribuindo com o meio ambiente evitando desperdícios e poluição.

Em alguns momentos foi difícil escrever o artigo, porque as operações da empresa Alfa LTDA são sigilosas. Foi necessário recorrer a outras publicações, órgãos competentes e *sites*, para obter maiores informações sobre a fundição do ferro gusa, sobre as plantações de eucalipto, a respeito da termoeletricidade gerada em sua planta e, então, estimar a economia que a fundição obtém com as práticas que implementou em seus processos industriais.

Os resultados mais importantes não são apenas os monetários, mas, principalmente, os relacionados ao meio ambiente, como a redução de emissão de gases provenientes da funilaria e que são reaproveitados na geração da termoeletricidade, a não poluição de rios com o reaproveitamento da água usada durante todo o processo e o consumo de CO² pelas plantações de eucalipto.

Novos estudos podem ser feitos para mostrar com mais detalhes o quão vantajoso e ecologicamente correto é o processo de implementação de termelétricas, não somente em empresas de fundição, mas também em empresas de outros setores que geram grande consumo de termoeletricidade em suas atividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGUAIA, M. Usina Termelétrica. **Rede Omnia**, Goiânia. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/usina-termeletrica.htm>. Acesso em: 22 out. 2022.

Band Minas. **Metalsider – Mundo dos Negócios**. Band Minas, 2022. 1 vídeo (29 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ejqC-YOTOGE&t=2s>. Acesso em: 5 fev. 2023.

BIACHETTI, M. Alta demanda e custos pressionam preços do gusa. **Diário do Comércio**, Belo Horizonte, 4 maio 2022. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/alta-demanda-e-custos-pressionam-precos-do-gusa/>. Acesso em: 12 out. 2022.

BIACHETTI, M. Preço do ferro gusa dispara com a guerra. **Diário do Comércio**, Belo Horizonte, 26 mar. 2022. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/preco-do-ferro-gusa-dispara-com-guerra/>. Acesso em 05 fev. 2023.

BIACHETTI, M. Produção de ferro gusa deve crescer neste ano em Mina. **Diário do Comércio**, Belo Horizonte, 03 maio 2022. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/proxima-edicao/producao-de-ferro-gusa-deve-crescer-neste-ano-em-minas/>. Acesso em: 17 dez. 2022.

CARVALHO, J. J. S. **Influência da reatividade do coque siderúrgico sobre o processo de redução da pelota e do sinter destinados aos altos-fornos**. 2014. 114 f. Tese (Mestrado em engenharia metalúrgica e de materiais) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015. Disponível

e

m:

https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/318/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Influ%C3%Aancia_reatividade_coque_sider%C3%BArgico_sobre_processo.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 18 dez. 2022.

CHAVES, E. L. **Gestão Ambiental do gás do alto forno e avaliação dos sistemas de controle atmosféricos de siderúrgica, viabilizando um sistema de geração de energia elétrica**. 2013. 159 p. Tese de mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/123023>. Acesso em: 22 out. 2022.

Disponível em: <http://sindifer.com.br/sndfr/o-produto-ferro-gusa/>. Acesso em: 09 out. 2022.

Disponível em: <http://revista.ecogestaobrasil.net/v7n16/v07n16a29a.html>. Acesso em: 17 dez.2022.

ENGIE – Além da energia. **O que é sazonalização da energia contratada?**. Brasil, ENGIE, 2018. Disponível em: <https://www.alemdaenergia.engie.com.br/o-que-e-sazonizacao-da-energiac contratada/#:~:text=Por%20exemplo%2C%201%20MwM%20em,seja%20bissexto%2C%20ser%C3%A3o%208.784%20MWh>. Acesso em: 05 abr. 2023.

FERNANDES, M. T. **Análises do aproveitamento dos gases de alto-forno para cogeração de energia elétrica em uma indústria siderúrgica: um estudo de caso**. 2021. 79f. Tese de dissertação de mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Campus Bambuí, Bambuí.

FERNANDES, M. T. e CARPIO, R. C. **Controle de parâmetros operacionais na cogeração de energia elétrica a partir do reaproveitamento dos gases de alto-forno na indústria siderúrgica**. 2019. 5 p. V Seminário de alunos de Pós-Graduação – Instituto Federal de Minas Gerais, Barueri, 2019.
Disponível em:
https://www.bambui.ifmg.edu.br/evento/images/SEP/2019/Resumos_Expandidos/252-976-1-DR.pdf. Acesso em: 22 out. 2022.

FGV CERI – Centro de estudo em regulação e infraestrutura. Rio de Janeiro: FGV CERI, 2017. Disponível em: https://ceri.fgv.br/sites/default/files/publicacoes/201810/53_53_relatorio-geracao-termeletrica-a-gas-natural-2017_0.pdf. Acesso em: 22 out. 2022.

GEISSINGER, A., LAURELL, C., OBERG, C. e SANDSTROM, C. et al. How sustainable is the sharing economy? On the sustainability connotations of sharing economy platforms. **Journal of Cleaner Production**, EUA, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618329299>. Acesso em: 17 dez. 2022.

GUITARRARA, P. Energia Termoelétrica. **Rede Omnia**, Goiânia. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/energia-termoeletrica.htm>. Acesso em: 22 out. 2022.

LEÃO, A. S., TAVARES, A. C., MARANDUBA, H. L. e ALMEIDA, E. S. Avaliação ambiental da produção de ferro gusa: revisão sistemática da literatura, bibliometria e patentes. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa, 31 ago. 2020.

Mercado Livre de Energia. **Preços baixos dos leilões de energia ajudam a fomentar o crescimento do mercado livre de energia**. Brasil, Mercado Livre de Energia. Disponível em:

[https://www.mercadolivredeenergia.com.br/noticias/mlimpulsionadoporleiloes/#:~:text=O%20megawatt%2Dhora%20\(MWh\),a%20R%24%20170%2FMWh](https://www.mercadolivredeenergia.com.br/noticias/mlimpulsionadoporleiloes/#:~:text=O%20megawatt%2Dhora%20(MWh),a%20R%24%20170%2FMWh). Acesso em: 05 abr. 2023.

Metalsider. **Institucional Metalsider – os 4 Elementos**. Metalsider, 2022. 1 vídeo (6 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QwGgksoHzuc>. Acesso em: 05 fev. 2023.

MINAS GERAIS (Estado). Resolução Autorizativa nº 2.276, de 22 de fevereiro de 2010. Autoriza a Metalsider Ltda, a estabelecer-se como produtor independente de energia elétrica, mediante a implantação e exploração da Usina Termelétrica Metalsider, no município de Betim, (MG) e ainda implantar o sistema de transmissão de interesse restrito da central geradora, constituído de uma subestação e uma linha de transmissão, até a subestação Betim 5, de propriedade da CEMIG. **Diário Oficial da União**, seção 1, n. 34, p. 53, 22 fev. 2010. Disponível em: Ministério do Meio Ambiente e Mudanças no Clima. **Clima**. 2022. 1 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/clima/ozoniodesertificacao/clima>. Acesso em: 31 jan. 2023.

PEREIRA, A. L. A., BAUMGRATZ, L. M. e COSTA, R. N. **A importância do carvão vegetal na produção de ferro gusa: um estudo em uma siderurgia**. 2019. 47 f. Monografia de conclusão de curso Bacharelado em Administração - Faculdade Doctum de Juiz de Fora.

SICETEL – Sindicato Nacional da Indústria de Trefilação e Laminação de Metais Ferrosos. **Análise do mercado de aço**. SICETEL, 2021. 97p. Disponível em: <https://sictel-abimetal.com.br/wp-content/uploads/2021/11/Anuario-Sictel-Abimetal-2021.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2022.