

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

JHONATHAN PEREIRA

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE UMA PLANTA
AGROINDUSTRIAL DE BENEFICIAMENTO DE SEMENTES**

VIÇOSA
2022

JHONATHAN PEREIRA

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE UMA PLANTA
AGROINDUSTRIAL DE BENEFICIAMENTO DE SEMENTES**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 402 – Projeto de Engenharia II – e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Kétia Soares Moreira.

VIÇOSA
2022

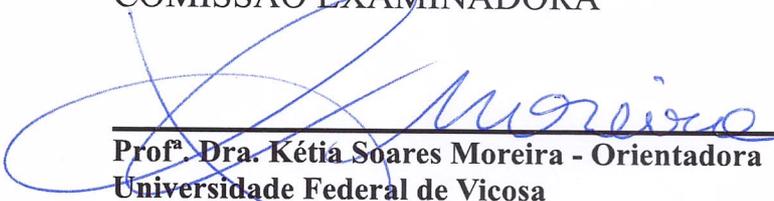
JHONATHAN LUCAS DA ROCHA PEREIRA

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE UMA PLANTA
AGROINDUSTRIAL DE BENEFICIAMENTO DE SEMENTES**

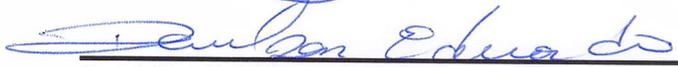
Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELT 402 – Projeto de Engenharia II e cumprimento do requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 26 de julho de 2022.

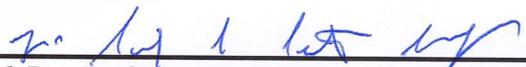
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof.^a Dra. Kétia Soares Moreira - Orientadora
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. Denilson Eduardo Rodrigues - Membro
Universidade Federal de Viçosa



Prof. Dr. José Carlos da Costa Campos - Membro
Universidade Federal de Viçosa

“The happiness of your life depends upon the quality of your thoughts.”

Marcus Aurelius

Dedico esse trabalho a toda a minha perseverança durante todos esses anos de graduação e às pessoas que não deixaram que eu desistisse.

Agradecimentos

Não há como começar os meus agradecimentos sem citar, em primeiro lugar, a minha mãe Lourdes que, desde sempre, me deu força para continuar meus estudos e perseverar, mesmo com as dificuldades que se apresentaram.

Ao meu pai e irmãos fica toda a gratidão por cada um, à sua maneira, demonstrar seu apoio e a crença de que eu seria capaz de concluir o curso.

Aos meus amigos de anos, Álvaro, Caio e Leonardo, por estarem comigo em momentos complicados e pela paciência.

À diElétrica, ao Baja UFV, ao Centev e aos diversos projetos nos quais me envolvi, fica o agradecimento pelo acolhimento e experiências profissionais fantásticas que me proporcionaram na graduação.

À Engenharia Elétrica UFV por me apresentar um mundo diferente e pelo qual sou apaixonado.

À Sirene, Cláudio, Lúcio e Cristiano pela disponibilidade e boa vontade de sempre auxiliar a todos com muito profissionalismo.

Ao meu super *Squad* da Vetta Tecnologia, por serem receptivos com minhas dúvidas, abertos à proposição de novas ideias e pela enorme contribuição para meu desenvolvimento profissional, em especial ao Acriziomar Pires pela parceria.

À minha namorada Karina que, com todo apoio, carinho e paciência, me trouxe todo o suporte necessário para manutenção da minha saúde mental.

Por fim, agradeço imensamente à professora Kétia, minha orientadora, que com toda a paciência e profissionalismo, me deu um incrível direcionamento para finalizar este trabalho.

Resumo

Unidades de Beneficiamento de Sementes (UBS) são plantas agroindustriais que empregam diversos processos para obter grãos de altíssima qualidade e fornecê-las ao consumidor final, no caso, produtores rurais. Para atingir esse objetivo é empregada uma cadeia sucessiva de etapas, que depende de um maquinário específico, requerendo um consumo energético relevante.

Em um contexto de limitações, no que diz respeito ao uso de energia, e compreendendo os desafios relacionados à sua disponibilidade no século XXI, já é uma realidade o número crescente de iniciativas que vão de encontro a um uso mais racional dos recursos energéticos disponíveis para a indústria, atividades comerciais e uso cotidiano.

Neste trabalho, o objetivo é apontar uma perspectiva gerencial que contribua para essas iniciativas de redução e uso mais inteligente de energia a partir da tomada de decisão baseada em dados e em um sistema de gestão de energia, por meio das normas ABNT ISO 50001 e ABNT ISO 50002, que são uma interessante base para desenhar um sistema deste tipo.

Dessa forma, buscar-se-á aplicar preceitos dessas normas para propor soluções que vão de encontro a um melhor desempenho energético de uma Unidade de Beneficiamento de Sementes.

Palavras-chave: Beneficiamento de milho, gestão de energia, biomassa, energia elétrica, eficiência energética.

Abstract

Seed Processing Units (UBS) are agro-industrial plants that use different processes to obtain high-quality grains and supply them to the final consumer, in this case, rural producers. To achieve this objective, a successive chain of steps is used, which depends on specific machinery, requiring significant energy consumption.

In the context of limitations, concerning energy use, and understanding the challenges related to its availability in the 21st century, the growing number of initiatives going through the more rational use of available energy resources for industry, commercial activities, and everyday use.

In this work, the objective is to point out a managerial perspective that contributes to these initiatives of reduction and more intelligent use of energy from the decision-making based on data and an energy management system, through the ABNT ISO 50001 and ABNT ISO 50002 standards, which are an interesting basis for designing such a system.

In this way, we will seek to apply precepts of these standards to propose solutions that meet a better energy performance of a Seed Processing Unit.

Keywords: Corn processing, energy management, biomass, electrical energy, energy efficiency.

Sumário

Sumário	9
1. Introdução do Trabalho	12
1.1 Eficiência energética no agronegócio.....	13
1.2 Unidades de Beneficiamento de Sementes.....	14
1.3 Eficiência Energética.....	19
1.3.1 Matriz Energética.....	20
1.3.2 Sistema de Gestão de Energia.....	23
1.3.3 Conceitos.....	24
1.3.4 Mercado Livre de Energia.....	25
1.3.5 Base de dados e monitoramento de variáveis	26
1.3.6 ISO 50002	27
1.4 Objetivo Geral	28
2. Materiais e Métodos	29
2.1 Roteiro de Diagnóstico Energético.....	29
2.1.1 Planejamento do Diagnóstico.....	30
2.1.2 Reunião de abertura	30
2.1.3 Coleta de dados	30
2.1.4 Análise	31
2.1.5 Relatório.....	31
3. Resultados e discussão	32
3.1 Perfil energético da planta.....	32
3.2 Energéticos e Mix de produção.....	32
3.3 Matriz Energética da planta.....	33
3.4 Estratificação dos Consumidores	34
3.5 Indicadores de Desempenho Energético (IDE's)	39
3.5.1 Indicadores primários.....	40
3.5.2 Indicadores secundários	41
4. Conclusões.....	43
Referências Bibliográficas	45

Lista de Figuras

Figura 1- Macrofluxo Processo de Beneficiamento de Sementes- Fonte: [9] - adaptada	15
Figura 2 - Secador com dupla passagem de ar. Fonte: [10]	15
Figura 3 - Secador de alvenaria para milho em espiga. Fonte [10]	16
Figura 4 - Debulhadora de milho. Fonte: [10]	16
Figura 5 - Dimensões e tipos de peneiras. Fonte: [10]	17
Figura 6 - Mesa Gravitacional. Fonte: [10]	18
Figura 7 - Operação da etapa de recebimento. Fonte: [9] - adaptada	19
Figura 8 - Matriz Energética Mundial 2020. Fonte: [13]	21
Figura 9 - Matriz Energética Brasileira. Fonte: [13]	21
Figura 10 - Matriz Elétrica Mundial. Fonte: [13]	22
Figura 11 - Matriz Elétrica Brasileira em 2020. Fonte: [13]	22
Figura 12 - Big Data. Fonte: [20] - adaptado	27
Figura 13 - Ciclo PDCA. Fonte: [3]	28
Figura 14 - Etapas de um diagnóstico energético. Fonte: [22]	29
Figura 15 - Fluxograma de Consumo. Fonte: Base de Dados UBS - adaptado	34
Figura 16 - Fontes de Consumo Energético. Fonte: Base de dados UBS - adaptado	35
Figura 17 - Perfil de Consumo de Biomassa. Fonte: dados de consumo da planta - adaptado	36
Figura 18 - Perfil de Consumo de Energia Elétrica	36
Figura 19 - Pareto de consumo. Fonte: dados de consumo da planta - adaptado	37
Figura 20 - Pareto de Consumo do setor de Recebimento. Fonte: dados de consumo da planta - adaptado	38
Figura 21 - Pareto de Consumo de do processo de Secagem. Fonte: dados de consumo da planta - adaptado.	38
Figura 22 - Consumo específico (kWh/t.RW) por secador. Fonte: [Base de dados da UBS- adaptado]	39
Figura 23 - Consumo de Energia total por volume recebido em 2020 e 2021 (kWh/t). Fonte: [Bases de dados da UBS]	40
Figura 24 - Consumo de biomassa utilizada por volume de vapor produzido – CY20/21. Fonte: [Base de dados da UBS]	41
Figura 25 - Consumo específico de energia elétrica do setor Recebimento vs volume de material	42
Figura 26 - Consumo específico de energia elétrica do setor Torre por volume de material (DS) – CY20/21. Fonte: Bases de dados da UBS.	43

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Dados de Energia Elétrica e RW nos CY de 2020 e 2021.	33
Tabela 2 - Insumos Energéticos adotados na Linha de Base. Fonte: Base de dados UBS.....	33

1. Introdução do Trabalho

A energia, em seus mais diversos usos e formas, está estreitamente relacionada ao bem-estar cotidiano de uma sociedade. Após sucessivas crises e a conclusão de que alguns recursos, como o petróleo, por exemplo, são finitos, torna-se imprescindível o estímulo de adesão e uso de fontes renováveis e sistemas mais eficientes. Assim, a energia é considerada um desafio para o século XXI [1].

Em uma perspectiva mais ampla, os serviços de energia tendem a desempenhar papéis diretos e indiretos para atingir as Metas de Desenvolvimento do Milênio, dentre elas assegurar a sustentabilidade ambiental [2].

Mais eficiência em energia e o uso de alternativas mais limpas podem ajudar a atingir o uso sustentável de recursos naturais, bem como reduzir emissões, o que protege o meio ambiente local e global. O fornecimento dos serviços de energia necessários para sustentar o crescimento econômico e, inversamente, evitar uma situação na qual a falta de acesso a tais serviços restringe o crescimento e o desenvolvimento permanece sendo um objetivo programático central para todas as nações, um desafio particularmente importante para as nações em desenvolvimento, considerando-se os investimentos substanciais de recursos e capital que serão necessários (BORBA; GASPAR, 2010).

Com este trabalho, tem-se a pretensão de apontar a visibilidade sobre o tema, por meio de uma perspectiva gerencial, através da implementação de um diagnóstico baseado em uma gestão padronizada de ações, servindo de guia para organizações que tenham como objetivo melhorar o seu desempenho energético, os usos de energia e eficiência energética por meio de planejamento, metas e objetivos. Parte-se do pressuposto de que uma visão holística de como a energia é utilizada pode ser mais eficaz do que apenas ações isoladas para garantir a sustentabilidade das melhorias implementadas [3].

O principal objetivo deste trabalho é a criação de um diagnóstico energético para uma empresa de um segmento de negócio específico, o agronegócio, compreendendo as principais fontes de energia utilizadas e o seu uso final, usando os critérios das instruções normativas NBR ABNT ISO 50001 e NBR ABNT ISO 50002. Ademais, tem-se como objetivos específicos a identificação dos maiores utilizadores de energia e o levantamento de oportunidades de eficiência energética e redução de custos.

Para o completo entendimento dessa proposta, será desenvolvido o arcabouço mínimo de conhecimento necessário sobre Unidades de Beneficiamento de Sementes, passando pela contextualização da questão energética atual e suas limitações. Os conceitos mais relevantes, e que dizem respeito às normas supracitadas, são apresentados de maneira lógica para facilitação

de sua compreensão. Na seção de resultados é apresentado um estudo de caso do processo de realização do diagnóstico, que trouxe uma visão mais ampla das características de uma planta agroindustrial do Triângulo Mineiro, do ponto de vista energético. Ressalta-se a omissão do nome da empresa fornecedora dos dados por questão de privacidade.

Na última seção são discutidas oportunidades de redução de custos encontradas e uma visão sobre o impacto positivo que uma gestão de recursos, baseada em dados e evidências, pode trazer para a tomada de decisões que vão de encontro a uma política energética eficiente.

1.1 Eficiência energética no agronegócio

A indústria brasileira conta com uma gama de atividades, com diversas empresas desempenhando papéis diferentes, desde a produção de energia, produção alimentícia ou atuando na construção civil [4]. Em alguns segmentos, percebe-se um maior destaque em termos de relevância mundial. Um excelente exemplo, é a expressiva participação na produção de alimentos, especialmente *commodities*. O Brasil é um dos maiores produtores agropecuários do mundo, especialmente quando se fala de grãos, como soja e milho [5].

O aumento da escala da produção do agronegócio brasileiro ocorreu em função de alguns fatores, dentre eles: a expansão geográfica na região Centro-Oeste e a inclusão de inovações tecnológicas como parte dos processos produtivos [5].

Em termos de inovação, por exemplo, tem-se o caso da semente de milho, que em alguns segmentos de negócio, passa por um processo dito beneficiamento de sementes, a partir do qual é possível selecionar os melhores grãos, além de padronizá-los e garantir que não haja impurezas quando chegam ao consumidor final [6]. Parte deste processo é realizado em Unidades de Beneficiamento de Sementes (UBS), que são basicamente plantas agroindustriais, em que uma série de processos são aplicados para se obter como resultado um produto de qualidade [6].

Em termos de consumo energético empregado na produção, essas plantas podem possuir fontes variadas de energia, como: gás liquefeito de petróleo, energia elétrica, diesel e biomassa, que garantem a operação do maquinário utilizado, podendo incluir ventiladores, secadores, caldeiras, fornalhas, dentre outros.

1.2 Unidades de Beneficiamento de Sementes

O plantio de sementes é uma atividade já realizada pelo homem há cerca de 10 mil anos. Em algum momento, percebeu-se que se plantada e cultivada da maneira correta, uma semente poderia dar origem a uma planta igual àquela que a formou. Apesar de hoje ser um processo considerado elementar, para algumas pessoas foi necessário muito tempo até o estabelecimento de uma mentalidade que permitisse uma abordagem padronizada, que dividisse os encargos entre produtores de sementes para consumo, para plantio e mesmo para o desenvolvimento de espécies mais fortes e selecionadas. Com a Revolução Industrial e o advento da mecanização dos meios de produção e transportes, a produção de sementes evoluiu de forma que acompanhasse a demanda devido o crescimento das populações, ao aparecimento de cidades, dentre outros eventos [6].

No contexto moderno, o processo de beneficiamento de sementes configura-se como uma parte importante para produção de sementes de alta qualidade. Por mais refinado que seja o processo de colheita, sempre haverá impurezas em um dado lote, em que pode haver terra, fragmentos de vegetais e sementes de ervas daninhas, por exemplo. Uma outra característica que este lote de sementes, provavelmente, apresentará é a não uniformidade dos grãos, que devem ser selecionados e classificados [6].

Para o caso de sementes de milho, especificamente, é feita a colheita, seguida pela retirada da palha e secagem ainda na espiga, para ser debulhada, limpa e classificada devido às variações na forma e tamanho de cada semente [7]. Se comparado a outras culturas, o beneficiamento de milho é altamente especializado, particularmente em função dessas variações. É de extrema importância uma classificação que não comprometa a qualidade fisiológica do lote de sementes [8]. Na Figura 1, tem-se o processo de beneficiamento de forma resumida para este grão, considerando a Unidade de Beneficiamento de Sementes, objeto de estudo deste trabalho:



Figura 1- Macrofluxo Processo de Beneficiamento de Sementes- Fonte: [9] - adaptada

Após serem colhidas em campo, as espigas de milho chegam até a UBS onde, em um primeiro momento, passam por todo um processo de limpeza, pré-seleção de espigas e padronização. Feita essa etapa preliminar, elas têm a palha retirada e seguem para o processo de secagem, onde permanecem por um intervalo de tempo, que varia de acordo com as especificidades de cada tipo de híbrido produzido [10].

Nesta etapa do processo secagem, são empregados secadores de grande porte, os quais podem armazenar toneladas de milho. Na Figura 2, vê-se um modelo de secador empregado na secagem com um corte transversal:

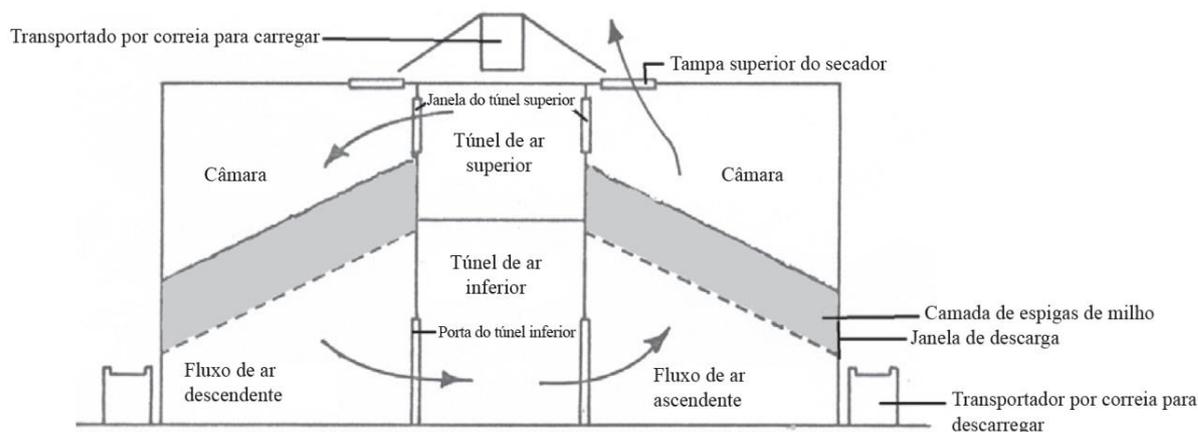


Figura 2 - Secador com dupla passagem de ar. Fonte: [10]

De maneira sucinta, após o despalhamento, as espigas de milho são conduzidas por esteiras transportadoras até esse dispositivo e posicionadas nas câmaras, de forma que, através do fornecimento de ar aquecido, ocorram dois processos simultâneos: a evaporação da água superficial da semente para o ar circundante e o movimento de água do interior da mesma para a superfície [10]. O componente do secador responsável por produzir o fluxo de ar dentro dos túneis é o ventilador. Por outro lado, a Figura 3 mostra um secador de alvenaria e como o mecanismo pode ser montado.

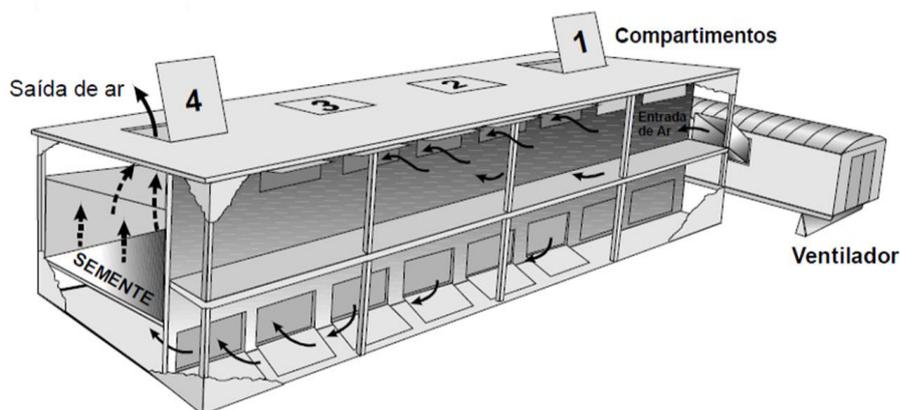


Figura 3 - Secador de alvenaria para milho em espiga. Fonte [10]

Quando atingem um grau de umidade adequado, as sementes são finalmente enviadas para separação do sabugo, processo chamado de debulha. A Figura 4 ilustra como ocorre este processo. A operação consiste em passar a espiga do milho por um molinete cilíndrico, aprisionando a semente junto à carcaça do debulhador. Com a fricção, a semente se solta do sabugo. Com auxílio de peneiras, a semente e o sabugo são separados [5]. Finalizando este processo, as sementes são encaminhadas para armazenamento, que são direcionadas para a Torre de Classificação.

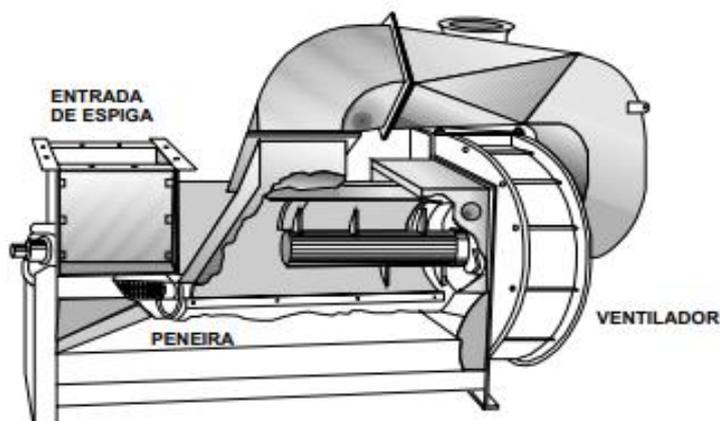


Figura 4 - Debulhadora de milho. Fonte: [10]

A classificação, em geral, tem como objetivo a separação das sementes de acordo com propriedades físicas, envolvendo largura, espessura, formato, peso, cor, entre outros quesitos [10]. Para haver separação levando-se em consideração a largura e espessura são utilizadas peneiras específicas, conforme nota-se na Figura 5:

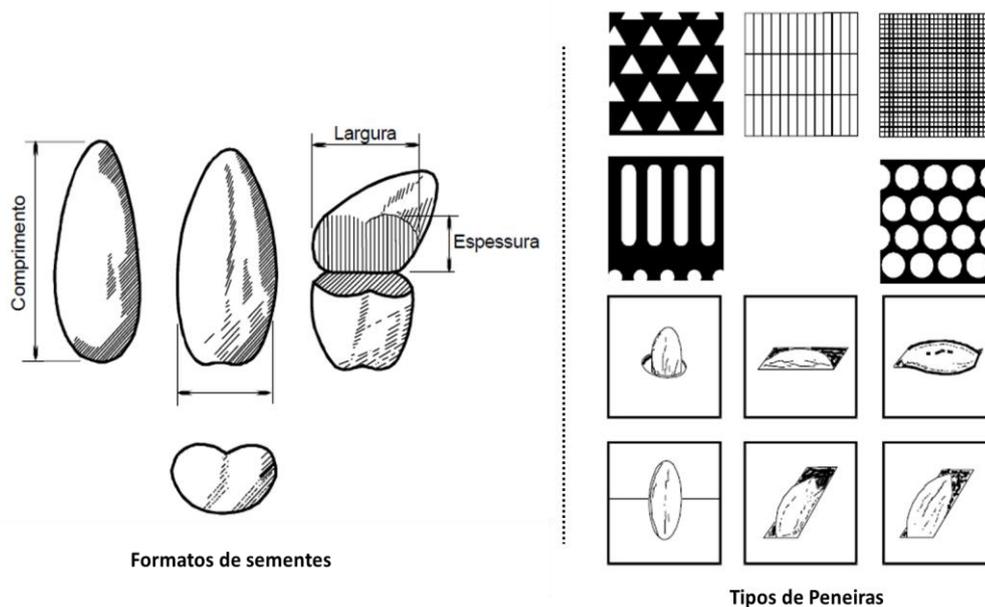


Figura 5 – Dimensões e tipos de peneiras. Fonte: [10]

Percebe-se, na Figura 5, a diferença de formato nos orifícios de cada peneira. Para separação por largura, utiliza-se aquelas com furos redondos, para separação por espessura usa-se a de furos oblongos. Já para a separação de acordo com a densidade são utilizadas mesas gravitacionais, constituídas basicamente da mesa propriamente dita e de ventiladores.

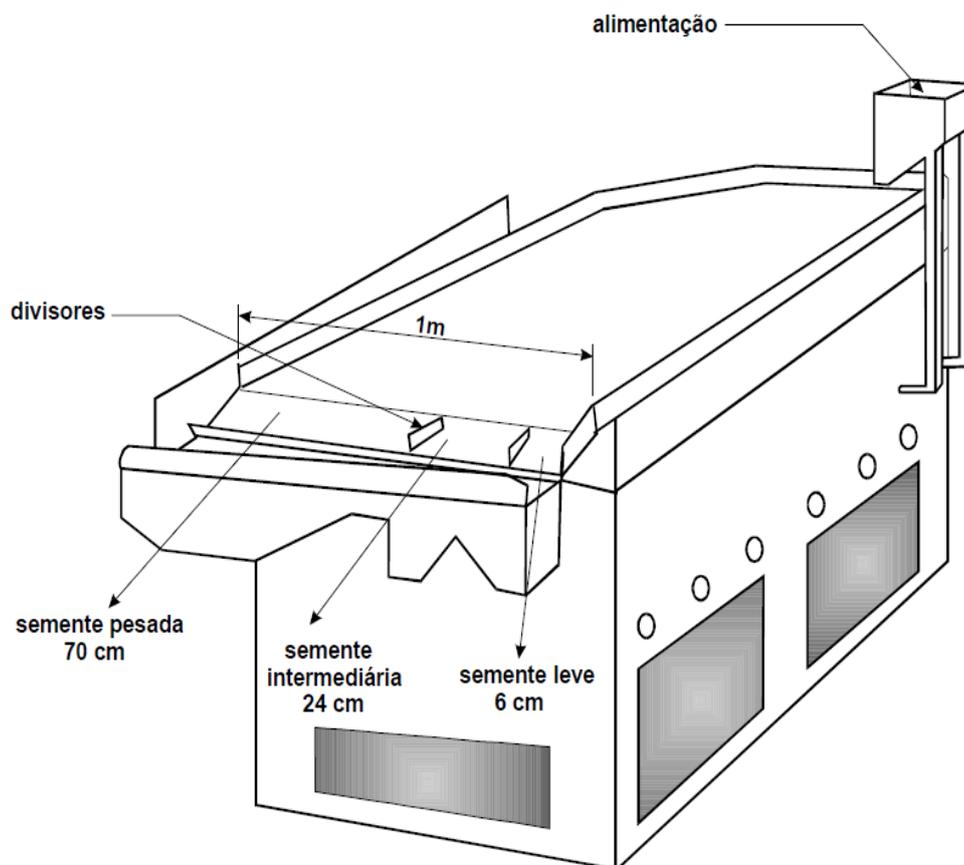


Figura 6 - Mesa Gravitacional. Fonte: [10]

A separação pela densidade ocorre em duas etapas: na primeira há estratificação da massa de sementes, em que as mais leves ficam em cima e as mais pesadas embaixo. A segunda etapa consiste na separação propriamente dita, na qual as sementes mais pesadas movem-se em direção da parte terminal mais alta da mesa e as mais leves para a parte mais baixa, devido à vibração da mesa [10].

Na etapa de classificação ainda ocorrem alguns processos para garantir tanto a eliminação de quaisquer outras impurezas quanto a uniformidade e padronização das sementes. Porém, o entendimento de todas as etapas envolvidas, foge do objetivo deste trabalho, sendo necessário apenas a compreensão das etapas apresentadas até aqui e do macroprocesso. A Figura 7 apresenta um fluxograma da etapa de recebimento do beneficiamento de sementes.



Figura 7 – Operação da etapa de recebimento. Fonte: [9] – adaptada

Como se percebe pela descrição do processo e o fluxo mostrado na Figura 7 acima, todas as etapas envolvem, em maior ou menor nível, o uso de maquinário industrial para a execução das tarefas.

Consoante a isso, existe uma preocupação por parte dos líderes da organização, que é o objeto de estudo deste trabalho, com a correta e melhor utilização de recursos energéticos. Observa-se, por exemplo, o reaproveitamento de biomassa no processo de secagem ao utilizá-la para geração de vapor empregada em secadores, conforme a Figura 7. A biomassa, neste caso, resume-se à palha retirada no processo de despalha e ao sabugo, resíduo do processo de debulha. Destaca-se aqui a estratégia mencionada como uma eficiente estratégia de geração de energia advinda de uma fonte limpa.

Outro ponto a se considerar é que, majoritariamente, todos os processos descritos até o momento, utilizam energia elétrica para o trabalho do maquinário necessário, além do emprego de modernas técnicas de automação, garantindo com isso o máximo de eficiência em todas as etapas envolvidas.

Como iniciativa que também vai ao encontro a uma política de eficiência energética por parte dessa unidade produtora, existe a contratação de consultoria especializada, que cuida do gerenciamento de energia, bem como demais utilidades, com a proposta final de um sistema de gestão de energia.

1.3 Eficiência Energética

A estrutura de oferta e demanda de energia, ao longo do tempo, evoluiu das mais diversas maneiras, basta observar que, ao longo dos séculos, já se fez uso de diferentes insumos energéticos, como: gás natural, petróleo, carvão vegetal etc.

Há quase dois séculos, a principal fonte utilizada vem sendo o petróleo. Porém, desde a década de 1970, devido à crise do petróleo e por não ser uma fonte renovável de energia, ficou claro que sua utilização teria custos crescentes, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. Neste momento já se reconhecia a necessidade de uma matriz energética de maior variedade e que seria necessário repensar a utilização de serviços, de forma que fossem diminuídos os gastos energéticos, impactando, de forma positiva, a economia, o meio ambiente e a sociedade como um todo. Dessa forma, equipamentos e hábitos de consumo passaram a ser analisados em termos da conservação da energia, tendo sido demonstrado que, de fato, muitas iniciativas que resultam em maior eficiência energética são economicamente viáveis [11].

Em meados dos anos 80, o preço do petróleo, que havia passado por fortes oscilações, voltou a se estabilizar e a preocupação em relação à disponibilidade de energia diminuiu. Algumas iniciativas de levantamento de fundos voltadas para investimentos em eficiência energética foram deixadas em segundo plano [12].

No início dos anos 1990, o impacto das emissões de poluentes advindo, em grande parte, da queima de combustíveis fósseis, tornou-se uma das grandes pautas dos governos e organizações. Essas preocupações e buscas por soluções foram discutidas em eventos, como a *United Nations Framework Convention on Climate Change*, realizada no Rio de Janeiro, em 1992, e formalizadas em acordos internacionais como o protocolo de Kyoto, através dos quais foram estabelecidas metas de redução de emissões de CO₂ [12].

O compromisso para alcançar as metas sem comprometer o nível de produção industrial e o conforto propiciado às pessoas pelo uso de energia trouxe novamente iniciativas que estimulassem o uso de energia de forma mais eficiente, em toda a cadeia energética, desde a sua produção até o uso final [12]. Em paralelo, viu-se também o crescimento de uma maior participação de fontes renováveis na matriz energética.

1.3.1 Matriz Energética

A composição de todas as fontes de energia renováveis e não renováveis e seus usos pela sociedade, em termos de oferta e demanda, constitui o que chamamos de matriz energética. Não se deve confundir a matriz energética com a matriz elétrica, pois a primeira engloba todo o conjunto de fontes de energia disponíveis para transformação e utilização. Por outro lado, a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para geração de energia elétrica [13].

Pensando na matriz energética a nível mundial, verifica-se uma composição majoritária de fontes não renováveis, como o carvão, petróleo e gás natural, conforme mostra a Figura 8:

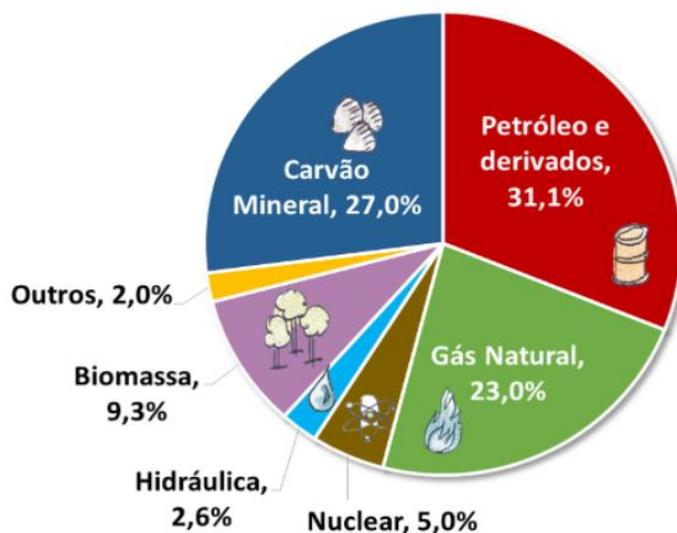


Figura 8 - Matriz Energética Mundial 2020. Fonte: [13]

As fontes renováveis de energia, hoje, somam cerca de 14% de toda a estrutura energética mundial. Considerando apenas as fontes solar, eólica e geotérmica essas representam cerca de 2% [14].

Focalizando a matriz energética do Brasil, percebe-se uma grande diferença em relação ao panorama mundial, com um uso muito mais expressivo de fontes renováveis. Conforme a Figura 9, quase metade da matriz energética brasileira é composta de fontes renováveis, somando-se lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana e outros recursos.

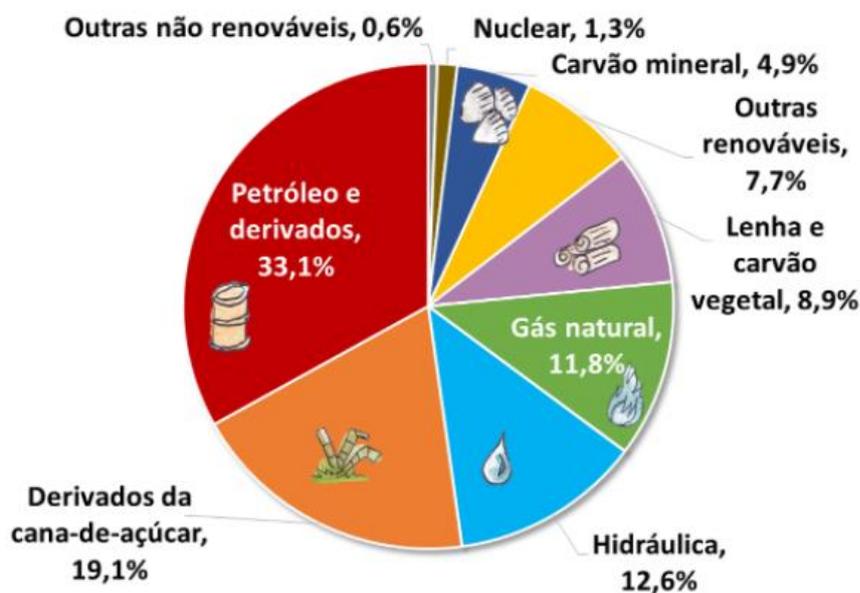


Figura 9 - Matriz Energética Brasileira. Fonte: [13]

Conforme discutido neste texto, existem diferenças entre o conceito de matriz energética e o de matriz elétrica. Considerando a matriz elétrica mundial, ou seja, os recursos energéticos disponíveis para geração de energia elétrica, vê-se que ela é baseada, principalmente, em combustíveis fósseis [13], algo que é possível visualizar por meio da Figura 10:

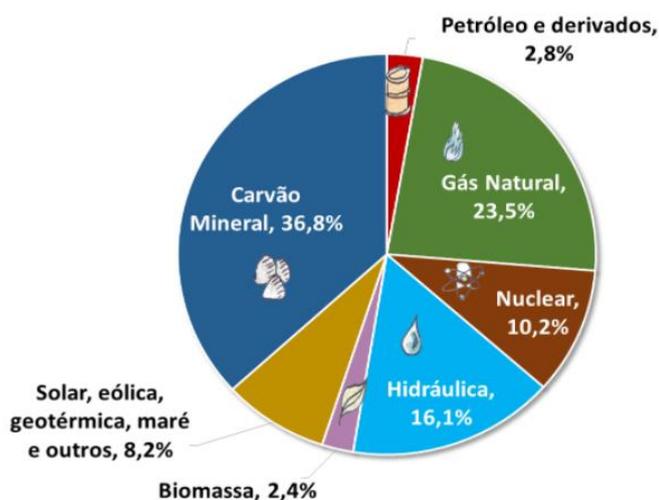


Figura 10 - Matriz Elétrica Mundial. Fonte: [13]

Quando se observa a matriz elétrica brasileira, como mostra a Figura 11, nota-se uma grande disparidade no que diz respeito ao uso de fontes renováveis em comparação com o restante do mundo. O fator que mais contribui para isto é que grande parte da energia elétrica do país é gerada por usinas hidrelétricas [15]. A energia advinda de fontes eólicas vem crescendo bastante, o que tende a reforçar a contribuição de fontes renováveis na caracterização da matriz elétrica brasileira [13].

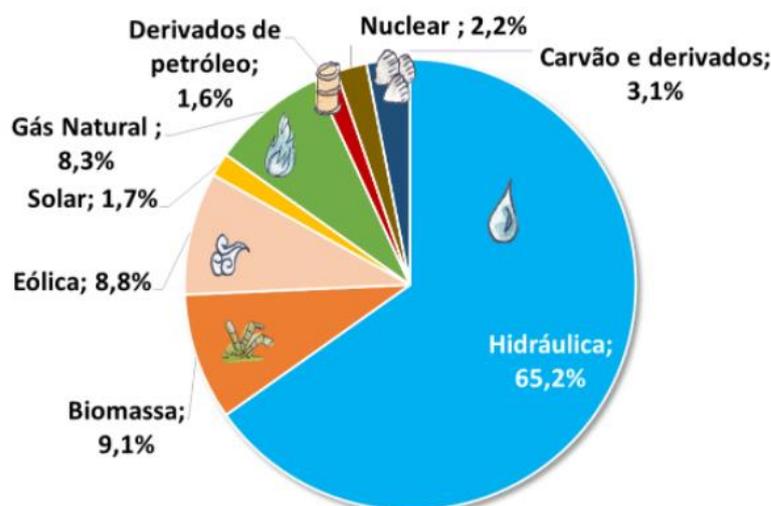


Figura 11 - Matriz Elétrica Brasileira em 2020. Fonte: [13]

Considerando o panorama energético mundial e os debates voltados aos impactos ambientais relacionados ao uso de fontes não renováveis, bem como o fato de as usinas utilizarem fontes renováveis para geração de energia elétrica possuírem menores custos de operação [15], observa-se que o Brasil está bem-posicionado em relação ao restante do mundo no que diz respeito à disponibilidade de recursos energéticos e adaptação às tendências tecnológicas.

Percebe-se um contexto crítico quanto às limitações de consumo de energia, pois por um lado há os fatores ambientais e, por outro, fatores socioambientais e econômicos. A energia é um insumo crítico na operação de qualquer segmento de negócio, independentemente do setor ou atividade econômica [3].

Quando se pensa em uma organização, especialmente do porte de uma Unidade de Beneficiamento de Sementes, é preciso ter sempre a ciência de que há vários agentes compondo os processos envolvidos. Assim, existe a necessidade de aplicação de estratégias que permitam a todo esse sistema trabalhar de maneira coordenada, caso se deseje um consumo energético consciente e eficiente, com impactos positivos não apenas em termos de custos menores, como também a disponibilidade de equipamentos.

1.3.2 Sistema de Gestão de Energia

É constatado que iniciativas isoladas de eficiência energética, mesmo quando adotadas de forma adequada, podem não perdurar. Em direção contrária e corroborando para a eficiência surge o conceito de gestão de energia [3]. Neste sentido, espera-se mais resultados ao colocar as partes envolvidas para operar juntas, em uma mesma direção.

De forma geral, mudanças de tecnologia pontuais, sem o devido acompanhamento, tendem a não gerar valor ou consistência ao longo do tempo. É necessária a criação de uma cultura. A aplicação dos preceitos da gestão de energia permite o desenvolvimento dessa consciência de cuidado com o uso de energia [3].

Conforme discutido em seções anteriores, neste estudo de caso, existem partes interessadas na adequação de processos, conforme estratégias que proporcionem o melhor uso de seus recursos energéticos. Seguindo uma tendência de normalização internacional e observando alguns casos de sucesso no Brasil (WEG e General Motors) [3], todo o diagnóstico apresentando aqui se baseia nas instruções normativas ABNT NBR ISO 50001 e ABNT NBR ISO 50002, considerando as particularidades da empresa.

1.3.3 Conceitos

Para alinhamento de todas as partes interessadas, neste estudo seguir-se-á com algumas definições que servem, neste momento, para determinar de maneira acurada o objeto de pesquisa. São eles:

- Limites (fronteiras) – sempre que se falar de limites neste texto, a partir deste ponto, a referência será acerca dos limites físicos, locais e/ou organizacionais determinados pela organização. Estabelecer fronteiras permite delimitar o campo de atuação do sistema de gestão de energia. Este trabalho se refere à planta selecionada para análise (**ABNT NBR ISO 50001**).
- Uso Energético – é o modo como a energia está sendo utilizada. Secagem, iluminação, aquecimento são alguns exemplos.
- Escopo – O escopo se refere ao conjunto de processos e tarefas que a organização abrange a partir do sistema de gestão de energia (**ABNT NBR ISO 50001**).
- Objetivos energéticos – resumem a intenção geral da organização e podem ser abrangentes como, por exemplo, “melhorar a eficiência de certos equipamentos” ou “diminuir os custos com energia” (**ABNT NBR ISO 50001**).
- Metas Energéticas – as metas são os objetivos expressos de forma detalhada e mensurável. As metas são estabelecidas em conjunto com certos parâmetros e estes parâmetros são tidos como indicadores energéticos (**ABNT NBR ISO 50001**).
- Política Energética – a política ou políticas energéticas refletem as intenções dos líderes da organização e o comprometimento, com ações que reflitam em um melhor desempenho energético (**ABNT NBR ISO 50001**).
- Revisão Energética – é uma análise focada nos usos da energia, a partir dela são observadas as condições de consumo e eficiência. A partir dessa análise, já se consegue ter uma visualização ampla da matriz energética da planta ou unidade fabril, bem como oportunidades de melhoria (**ABNT NBR ISO 50001**).
- Uso significativo de energia (USE) – são equipamentos, processos ou unidades que concentram um consumo substancial considerado pela organização como um todo. Pode ser que não seja viável ou produtivo o levantamento em todo o conjunto de usos de energia, de forma que ao identificar os USE, ações focalizadas podem ser tomadas que produzem resultados satisfatórios em termos de eficiência (**ABNT NBR ISO 50001**).

- Linha de Base Energética (LBE) – é uma referência quantitativa a partir da qual, após a implementação de medidas de melhoria, compara-se os ganhos em termos de desempenho (**ABNT NBR ISO 50001**).
- Indicador de Desempenho (IDE) – o IDE serve como um valor que mede o desempenho energético da organização, é com base neste parâmetro que se monitora se a meta energética está sendo atingida. (**ABNT NBR ISO 50001**).

1.3.4 Mercado Livre de Energia

O setor elétrico tem importância significativa na economia e a sua organização visa a produção e o consumo de energia por empresas e indivíduos. O Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) é dividido em: geração, transmissão, distribuição e comercialização. De maneira simplificada: as geradoras produzem a energia, as transmissoras a transportam do ponto de geração até subestações nos grandes centros consumidores, de onde as distribuidoras a levam até a casa consumidores finais [16].

Este sistema passou por duas grandes transformações na sua estrutura: na década de 90 com a privatização de companhias operadoras e a criação de instituições do setor como a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), ONS (Operador Nacional do Sistema) e MAE (Mercado Atacadista de Energia). A segunda mudança ocorreu devido a uma busca pela garantia da segurança no suprimento, na promoção da modicidade tarifária e na promoção da inserção social [17]. Para se atingir estes objetivos foram criados os ambientes de contratação livre e regulada, aumentando assim a competitividade no mercado de energia [18].

No atual modelo do setor elétrico, a comercialização de energia elétrica é realizada em dois ambientes de mercado, ACR (Ambiente de Contratação Regulada) e o ACL (Ambiente de Contratação Livre) [18]. A contratação no ambiente de regulado é formalizada por meio de contratos regulados e bilaterais, são os chamados CCEAR – Contratos de Comercialização de Energia no Ambiente Regulado, celebrados entre Agentes Vendedores e Compradores que participam de leilões de compra e venda de energia elétrica. Quando falamos dos contratos de energia no ambiente livre destacamos a livre comercialização entre todos os agentes envolvidos, sejam eles os comercializadores, importadores, exportadores de energia e consumidores livres [18].

No mercado livre de energia, existem três modalidades de agentes: produtores independentes, comercializadora e o consumidor livre. Os produtores são responsáveis pela

geração e podem vender diretamente ao consumidor e comercializador. Já os comercializadores são empresas independentes que adquirem a energia para vendê-la aos consumidores livres ou atuando na contratação e fechamento de negócios entre as partes compradora e vendedora. Por fim, temos os consumidores livres, que são organizações que têm a possibilidade de escolher seus fornecedores e negociar condições contratuais [18].

No presente estudo de caso, a energia elétrica consumida pela unidade produtora advém de contratos no mercado livre, operando tanto no ACL quanto ACR. De forma que o entendimento aprofundado do comportamento de consumo e previsibilidade desse comportamento, bem como suas particularidades, permite maior acuracidade na previsão de custos e planejamento. E é através do desenho de perfil energético da planta, uma extensa base de dados e o monitoramento das principais variáveis envolvidas no consumo de energia que se pretende dar robustez a qualquer sistema de gestão que venha a ser proposto.

1.3.5 Base de dados e monitoramento de variáveis

Fazendo um recorte histórico no período que compreende os anos de 1760 e 1840, é possível constatar períodos de grande avanço tecnológico, que proporcionaram perceptível impacto nas relações sociais, cadeia produtiva e qualidade de vida das pessoas em geral. Estes momentos historicamente são classificados como Revoluções Industriais [19].

Nos últimos anos, tecnologias emergentes e poderosas têm permitido o desenvolvimento de novas soluções para a indústria, promovendo uma nova maneira de se planejar, executar e gerenciar a operação de plantas industriais, nos mais diversos setores. Termos como: Internet das Coisas Industriais (IIoT – *Industrial Internet of Things*, em inglês), megadados (*big data*, em inglês), impressão 3D, computação em nuvem, redes sem fio de sensores, inteligência analítica, entre outras, estão cada mais presentes nas fábricas [20]. Este estágio de desenvolvimento, em alusão a uma quarta revolução industrial, tem sido chamado de Indústria 4.0. É notório o potencial para redefinir a cadeia de valor e processos na indústria de manufatura, pois permite que células isoladas e otimizadas constituam fluxos de produção integrados, automatizados e otimizados, promovendo maior eficiência nos mesmos [20].

Neste paradigma, de abundância de dados e enorme capacidade de processamento, torna-se muito produtivo a conciliação dessas tecnologias para examinar grandes conjuntos de dados de dados, em formas e tipos variados, com o objetivo descobrir padrões, correlações, tendências e extrair informação útil [20]. As mais diversas abordagens para consolidar esses

dados de forma que sejam utilizados para a tomada de decisão podem ser resumidas em torno do conceito de *big data*.

No contexto industrial, a abordagem de *big data* se refere à digestão de dados, provenientes de sistemas de automação, sistemas de informação, serviços web, dentre outros. Passando pelo cruzamento das principais variáveis no contexto de produção e baseando-se no processamento e análises estatísticas dos dados no sentido de identificar ineficiências e oportunidades de melhoria no desempenho [20].

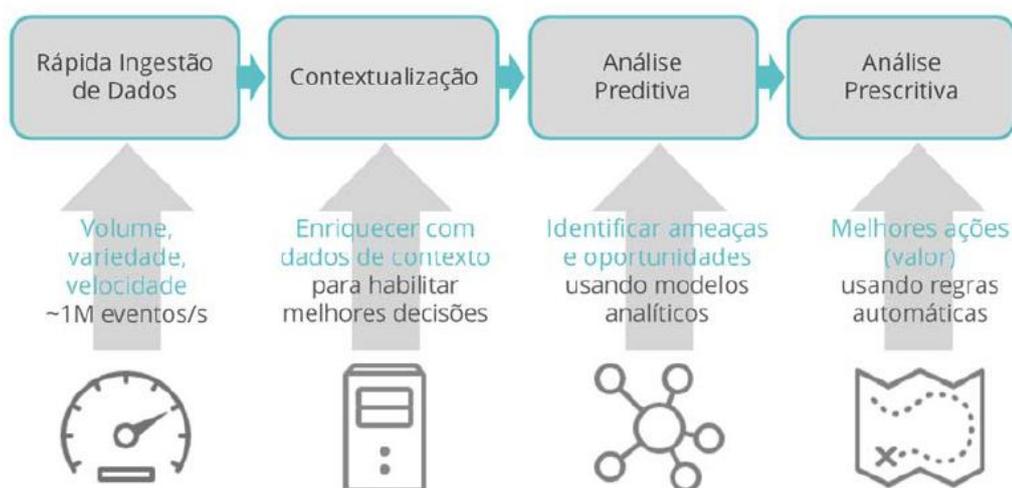


Figura 12 – Big Data. Fonte: [20] – adaptado

Neste contexto de inovação e preocupação com o melhor uso de recursos a partir da análise de dados existem soluções interessantes. Um exemplo é o *software* de gestão de energia *Viridis*, utilizado na planta agroindustrial de beneficiamento de sementes à qual este estudo de caso se refere. Com a aplicação é realizado o monitoramento de diversas variáveis, abrindo espaço para mitigação de riscos, geração de relatórios e o entendimento das melhores estratégias em caso de mudanças no plano de produção [21].

1.3.6 ISO 50002

A norma ISO 50002 conversa diretamente com uma metodologia de gestão conhecida como ciclo PDCA (do inglês, *Plan, Do, Check e Act*) [22]. A estrutura utilizada é organizada conforme a Figura 13, a seguir:



Figura 13 - Ciclo PDCA. Fonte: [3]

Para este trabalho, foram realizadas as devidas adaptações de forma que fosse desenhado um caminho concreto e bem estruturado direcionado à consolidação do sistema de gestão de energia (SGE).

1.4 *Objetivo Geral*

O objetivo deste trabalho é a criação de um diagnóstico energético de uma planta agroindustrial que tem como atividade principal o beneficiamento de sementes de milho, usando os critérios das instruções normativas NBR ABNT ISO 50001 e NBR ABNT ISO 50002.

Dado o objetivo geral, têm-se como objetivos específicos: a identificação dos maiores utilizadores de energia em uma planta industrial voltada à produção de milho e o levantamento de oportunidades de eficiência energética e redução de custos.

2. Materiais e Métodos

O primeiro passo para a realização do presente estudo envolveu o entendimento do contexto da empresa. Neste momento, foi necessário o mapeamento de diversas questões relevantes para a gestão de energia da planta considerada. Tanto questões internas quanto externas foram levantadas, considerando o foco das principais atividades desenvolvidas pela organização, o compromisso com questões relacionadas à sustentabilidade, o grau de importância dado aos custos vinculados à energia e quais os principais fornecedores de energia.

Um outro aspecto relevante levantado foi o grau de engajamento atual e as expectativas da alta direção e se faz sentido para o que está estabelecido em termos de produção para os próximos anos a implementação das metodologias propostas.

A definição do escopo e das fronteiras de atuação, isto é, os prédios e serviços incluídos, os departamentos e as fontes de energia consideradas foi uma das primeiras ações concretas relativas ao Sistema de Gestão de Energia. Essa primeira consistiu em um processo mais qualitativo com a aplicação de questionários às partes interessadas para produzir um gráfico de situação atual e pré-diagnóstico.

2.1 Roteiro de Diagnóstico Energético

Um diagnóstico energético é a análise sistemática do uso e consumo de energia com intuito de identificar, quantificar e relatar oportunidades para um melhor desempenho energético, seja de um equipamento, sistema ou mesmo uma organização inteira [3]. Procurou-se estruturar este projeto conforme o fluxograma a seguir, Figura 14, em suas oito etapas:

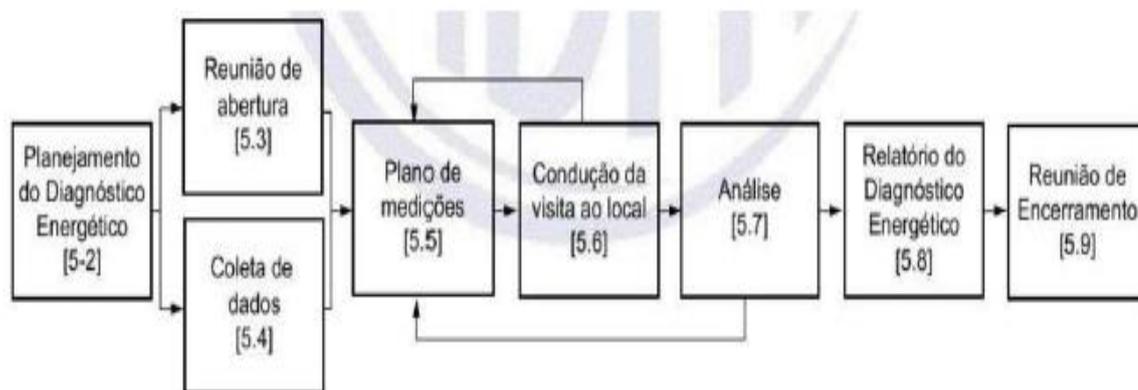


Figura 14 - Etapas de um diagnóstico energético. Fonte: [22]

No texto que segue, há uma explicação sobre cada etapa usada para o diagnóstico.

2.1.1 Planejamento do Diagnóstico

Toda a preparação dos trabalhos, definição de equipes a serem contatadas, critérios, os levantamentos a fazer estão presentes nesta etapa.

2.1.2 Reunião de abertura

Este foi o momento de interação com a instalação e as pessoas encarregadas de dar apoio à equipe no fornecimento de informações durante todo o processo: equipe de manutenção, responsáveis pela automação, operadores e especialistas da planta foram incluídos. Algumas das informações requisitadas incluem dados de medição, contas de energia elétrica, dados de produção, características de operação, procedimentos padrão de operação de maquinário, informações de descarte de biomassa, informações de compras de diesel para geradores, dentre outras.

2.1.3 Coleta de dados

A coleta de dados que refletissem com o máximo de acurácia as variáveis relevantes para o desempenho energético da planta foi de grande importância para estimar o potencial de economia de energia. As principais fontes de dados incluíram as faturas de energia elétrica dos últimos dois anos de safra - “Crop Year” - que para a instituição têm duração entre novembro e outubro, com períodos de entre safra. Os valores de consumo de energia elétrica vieram desses documentos.

Além das informações supracitadas foram colhidos dados de *Raw Weight*, que é o milho que chega do campo para a Unidade de Beneficiamento, ainda com o sabugo e a palha, sem passar pelas primeiras fases do processo de recebimento. Esses dados foram utilizados para criação de parâmetros que correlacionaram o consumo de energia com o que é processado – no caso o *Raw Weight*.

Na planta em questão existe um conjunto de medidores de energia atrelados aos quadros de distribuição e CCM's que, em tempo real, enviam as informações de consumo para um sistema – o *Viridis*. Através desta plataforma, além de diversas outras funções, é possível monitorar o consumo de cada subestação de forma estratificada. Com ele, foi possível saber o quanto cada processo contribui para o consumo total. Cabe ressaltar que o serviço permite diversas análises e a criação de soluções de gestão de energia e utilidades.

Para a elaboração de um estudo robusto e que garantisse o mapeamento de todas as fontes de insumos energéticos também foram levantados dados de gás liquefeito de petróleo (GLP), biomassa e diesel. Os dois últimos são relevantes para o processo de secagem e utilização em geradores, respectivamente.

2.1.4 Análise

A etapa de análise foi iniciada após a coleta de dados e a partir dela que começaram a surgir possíveis sugestões de melhorias a serem implementadas com a identificação de algumas inconformidades, *outliers* e distorções. Cabe ressaltar aqui a grande contribuição que ferramentas de visualização de dados trazem para este tipo de análise, especialmente quando grandes volumes de dados estão sendo analisados. Nessa etapa já foi possível imaginar medidas de intervenção e de conscientização que serão descritas na seção de resultados.

2.1.5 Relatório

A criação de um relatório consolidando os resultados das análises feitas foi de grande importância para a documentação de todas as alternativas técnicas e econômicas identificadas. A entrega do diagnóstico energético foi feita em formato de apresentação às partes interessadas com as sugestões e um parecer que caracteriza a planta em termos de seus insumos energéticos.

3. Resultados e discussão

A seguir, serão apresentados os resultados encontrados por meio deste estudo e as oportunidades identificadas.

3.1 Perfil energético da planta

Para este estudo, foram levantados os dados de produção, energia elétrica e utilidades. Será apresentado aqui o comportamento energético da organização com base em seus dados históricos medidos, consolidados e fornecidos pela empresa, conduzindo à identificação de oportunidades de melhoria de desempenho energético da organização.

Cabe ressaltar que o período de análise foi do *Crop Year 20* (novembro de 2019 a outubro de 2020) como linha de base e *Crop Year 21* – novembro/20 a outubro/21. Além disso, por haver dados sensíveis da organização foi utilizado um fator multiplicativo para que as informações não fossem exatamente iguais aos coletados. Ressalta-se que fazer essa operação não muda o perfil dos gráficos utilizados, sendo que será possível visualizar não conformidades ou desvios, que é objetivo final.

3.2 Energéticos e Mix de produção

No *Crop Year 21*, foram utilizados como fontes de energia dentro do escopo considerado: a biomassa, a energia elétrica, gás liquefeito de petróleo e óleo diesel.

A energia elétrica é comprada através de contrato firmado no Mercado Livre de Energia, a biomassa é proveniente do descarte nos processos de despalha e debulha, enquanto o GLP e o diesel são adquiridos externamente por meio de fornecedores previamente cadastrados. No período de análise (CY21), foram consumidos 12.157,19 MWh de Energia Elétrica, 20.026,25 toneladas de Biomassa (23.274,93 MWh) e 61,77 m³ de GLP (650 kWh).

O consumo de Diesel foi irrisório, quando comparado aos demais usos energéticos. A utilização do combustível somou 0,764 m³, o que representa aproximadamente 8,28 kWh. Na Tabela 1, a seguir, é apresentado o consumo de energia elétrica no período de análise juntamente com o que foi produzido em toneladas.

Tabela 1 - Dados de Energia Elétrica e RW nos CY de 2020 e 2021. Fonte: [Base de Dados UBS]

CY	Energia (MWh)	RW (t)
2020	11.008,35	65.263,73
2021	12.157,19	71.949,38
Varição	10,44%	10,24%

Para se ter uma base de comparação em relação ao que mudou em termos de consumo no período analisado, foi adotada como linha de base (LB) o *Crop Year* 2020. As informações gerais de consumo estão consolidadas nas Tabela 2, a seguir:

Tabela 2 - Insumos Energéticos adotados na Linha de Base. Fonte: Base de dados UBS

Insumos	Montante (MWh)
Energia elétrica	11.008,35
Biomassa	16.680,51
GLP	0,466
Diesel	0,017

Logo se percebe a disparidade no consumo dos insumos energia elétrica e biomassa. Deve ser ressaltado, porém, que mesmo tendo um percentual baixo de participação nos valores totais, o GLP e diesel são relevantes para garantir a continuidade da operação.

3.3 Matriz Energética da planta

Conforme comentado em seções anteriores, tem-se quatro insumos principais que compõem a matriz energética da planta estudada neste diagnóstico: Biomassa, Energia Elétrica, GLP e Óleo diesel. O destino de consumo destes energéticos está resumido no fluxograma da Figura 15:

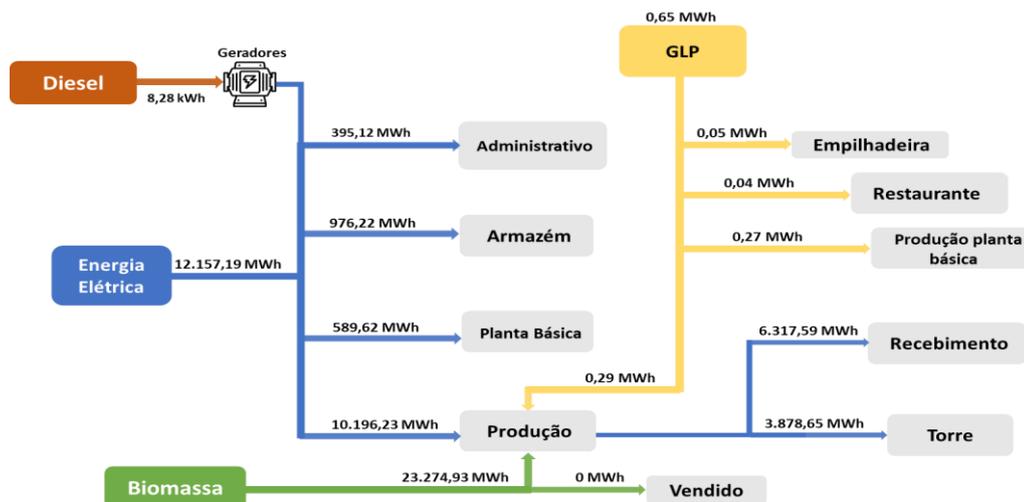


Figura 15 - Fluxograma de Consumo. Fonte: Base de Dados UBS - adaptado

São notáveis algumas informações: o consumo de diesel, que foi significativamente menos consumido em relação aos demais e o uso um pouco mais amplo de GLP, que é destinado, em grande parte, às áreas de Produção e à Planta Básica. Durante o levantamento, percebeu-se que não há um controle muito rígido do volume de biomassa utilizado, estimando-se que quase a totalidade seja consumida. Esse recurso é usado na caldeira para produção de vapor que será utilizado no processo de secagem.

Conforme comentado anteriormente, o GLP e o diesel são adquiridos junto a fornecedores convencionais. Por outro lado, a energia elétrica é contratada junto ao Mercado Livre, o que é a melhor estratégia devido à possibilidade de negociação de preços. O entendimento aprofundado do comportamento de consumo permite maior acuracidade na previsão de custos e planejamento, o que permite absorver flutuações de preços. Fica-se menos exposto.

A biomassa, mesmo apresentando um volume de consumo na casa dos 65% do total, sai a um custo mínimo, por ser reaproveitada do próprio processo produtivo.

3.4 Estratificação dos Consumidores

Tendo o conhecimento de quais são as fontes de energia utilizadas, investigou-se a contribuição de cada uma no montante geral consumido pela unidade. Conforme comentado de antemão, diesel e GLP têm participação quase irrisória se os analisarmos apenas em termos de volume.

Na Figura 16, que apresenta a composição do consumo energético das fontes identificadas neste estudo para o período novembro de 2020 a outubro de 2021, observa-se que os dois juntos somam um valor que não chega a 1% do volume total.

Por outro lado, apesar de a biomassa ser considerada um subproduto, ela representa cerca de 65% da energia consumida. O montante de energia elétrica, que representa a segunda maior fonte energética, é adquirido no mercado livre de energia, a uma tarifa praticada no mercado.

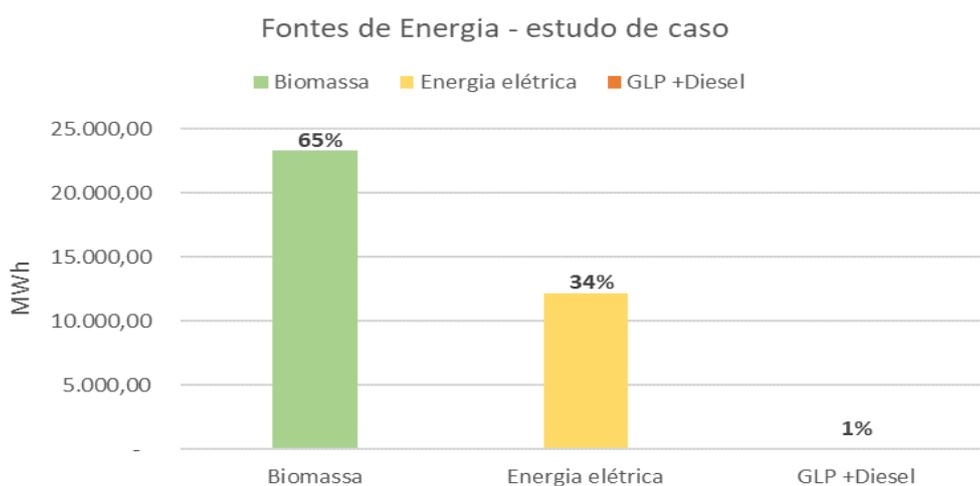


Figura 16 - Fontes de Consumo Energético. Fonte: Base de dados UBS - adaptado.

Na produção do milho - e de outras culturas - existem períodos de safra e entressafra que, de forma resumida, refletem o período de colheita e descanso do solo, respectivamente. Esse perfil de produção tem impacto direto nas características de consumo de energia. Considerando apenas as duas fontes de energia com maior utilização podemos ver, nas Figuras 17 e 18, como o consumo mensal desses insumos se comporta, acompanhando os períodos de safra e entressafra:

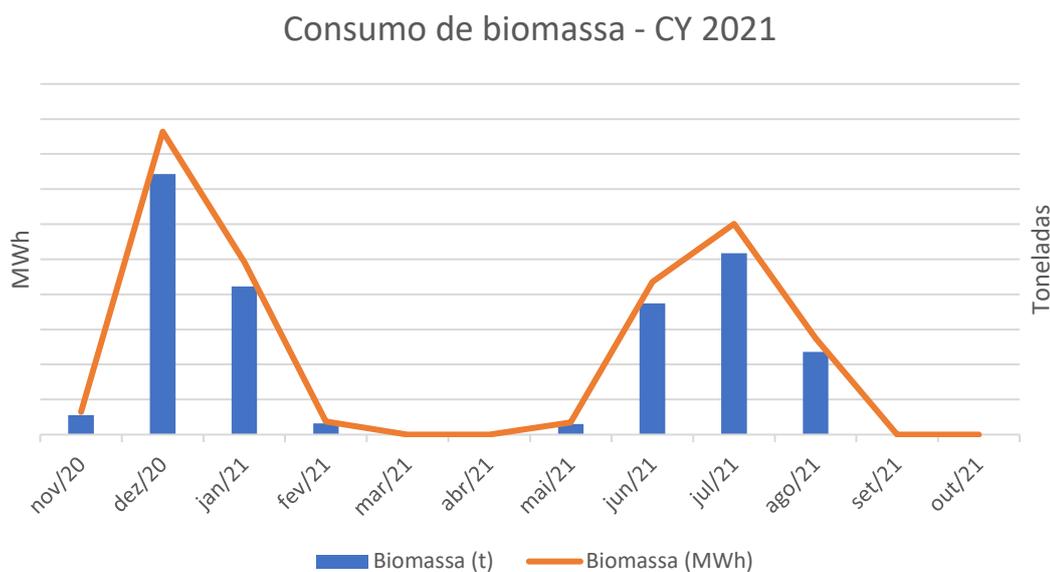


Figura 17 - Perfil de Consumo de Biomassa. Fonte: dados de consumo da planta - adaptado

Percebe-se que os meses com menor volume de biomassa consumida são os períodos de entressafra (março a maio e setembro a novembro), momentos nos quais não há necessidade de geração de vapor para secagem e com isso o consumo de energia atrelado ao insumo é baixo. Em contrapartida, nos meses em que ocorrem os picos de safra, percebemos incremento no consumo de biomassa, demandado pelas caldeiras.

A Figura 18 apresenta o consumo mensal de energia elétrica durante o CY21:

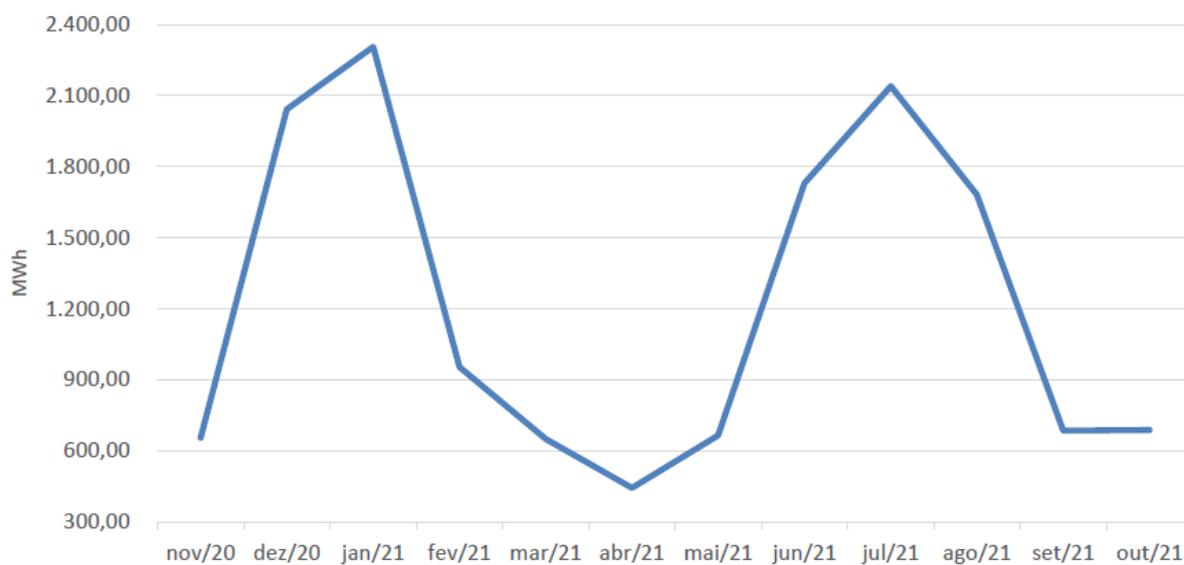


Figura 18 - Perfil de Consumo de Energia Elétrica

Assim como para a biomassa, ao analisar o comportamento do gráfico de consumo elétrico, vê-se uma tendência que reflete diretamente nos períodos de safra e entressafra. Tais curvas são esperadas, uma vez que nesses períodos há menor consumo de energia elétrica, devido ao baixo volume de material recebido e, conseqüentemente, menor uso dos equipamentos da área de Recebimento. Percebe-se também, que o consumo fixo (entressafra) é praticamente constante, visto que as operações da Torre e das demais áreas (armazém, administrativo e planta básica) não são sazonais.

Em termos de consumo de energia elétrica, foram considerados cinco grandes setores nesta planta industrial: Recebimento, Torre, Armazém, Planta Básica e Administrativo. A escolha destes setores é justificada devido à hierarquia de medidores que enviam dados coletados à plataforma *Viridis*.

Como se percebe na Figura 19, o setor de Recebimento é o maior responsável pelo consumo de energia elétrica, constituindo aproximadamente 60% do total consumido:

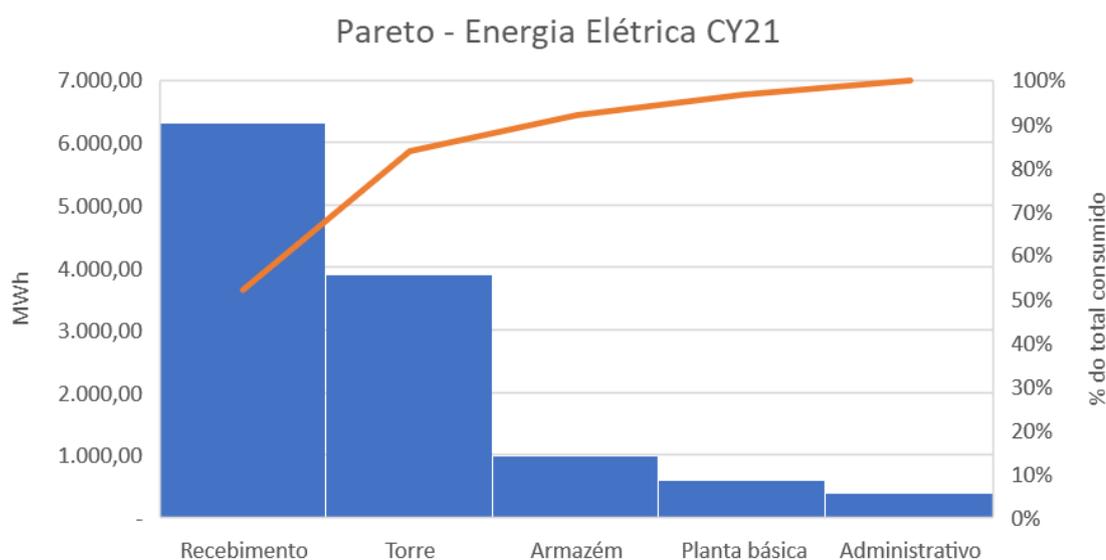


Figura 19 - Pareto de consumo. Fonte: dados de consumo da planta - adaptado.

Fazendo a estratificação da área do Recebimento, maior consumidor do período analisado, percebe-se quais partes desse processo se apresentam como maiores utilizadores de energia, Figura 20. A secagem dos grãos é nitidamente um USE, 80% do consumo da área. As cargas responsáveis por este consumo são os ventiladores dos secadores. De acordo com a Figura 21, é possível visualizar como o consumo se distribui por secador:

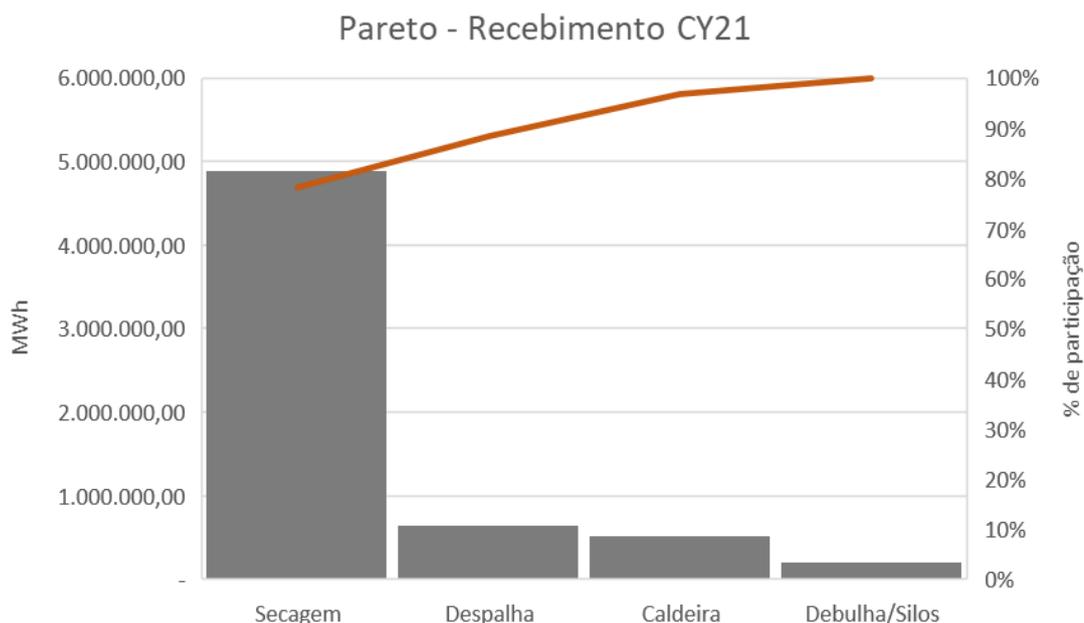


Figura 20 - Pareto de Consumo do setor de Recebimento. Fonte: dados de consumo da planta - adaptado.

Com a Figura 21, verifica-se que o secador “Secador 3 SP” teve o maior consumo absoluto de energia elétrica, sozinho assumiu cerca de 50% do gasto energético do processo de secagem.

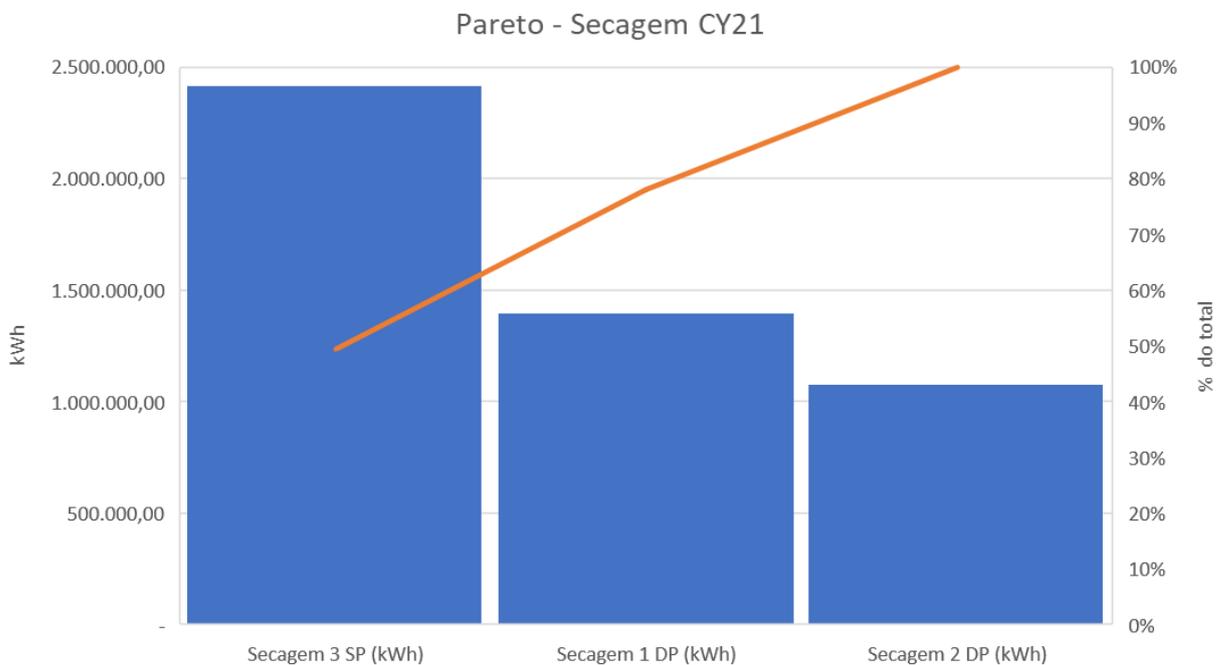


Figura 21 - Pareto de Consumo de do processo de Secagem. Fonte: dados de consumo da planta - adaptado.

Entretanto, se a análise for uma comparação entre os secadores, tomando como parâmetro um indicador de desempenho que leve em conta o consumo do secador em relação

ao volume de material processado, entende-se que o “Secador 2 DP” apresentou o pior desempenho no CY21.

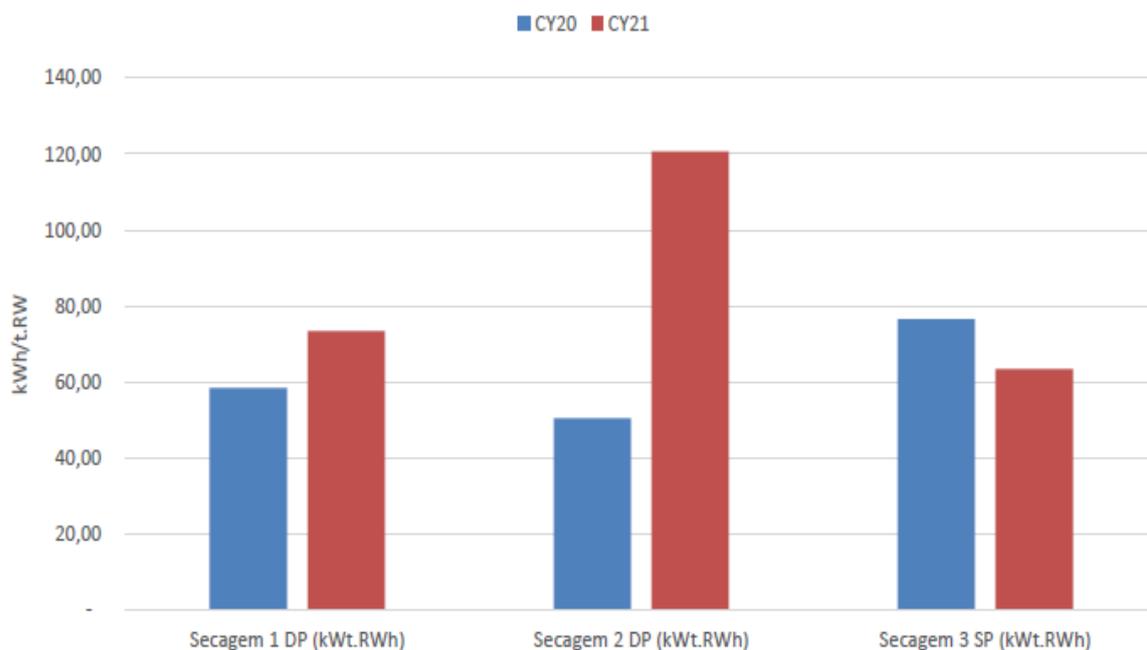


Figura 22 - Consumo específico (kWh/t.RW) por secador. Fonte: [Base de dados da UBS-adaptado]

Neste momento, um dos objetivos do estudo foi alcançado, pois foi identificado o maior consumidor em no CY21 - “Secador 3 SP” - e estabelecido um parâmetro que serve de base para se entender se cada um dos secadores está operando com o melhor desempenho já registrado, ou seja, o consumidor específico, definido como:

$$\text{Consumo específico} = \frac{\text{kWh}}{\text{toneladas de RW}} \quad (1)$$

Com o indicador foi possível verificar, vide Figura 22, a piora no desempenho dos secadores 1 e 2, e a melhora no desempenho do secador 3.

3.5 Indicadores de Desempenho Energético (IDE's)

Para que houvesse parâmetros adequados e que viabilizassem o acompanhamento do desempenho energético, refletindo de maneira satisfatória a realidade da planta, foram criados indicadores, a partir dos quais foi possível verificar determinados desvios. Os indicadores foram classificados em dois tipos: primários e secundários.

3.5.1 Indicadores primários

Os indicadores primários apontam a relação existente entre energia total e material recebido, ou seja, kWh e tonelada de *Raw Weight*. A Figura 23, a seguir, apresenta o volume de energia total (considerando biomassa, GLP, Diesel e Energia Elétrica) comparado ao volume de material recebido no período de análise deste estudo.

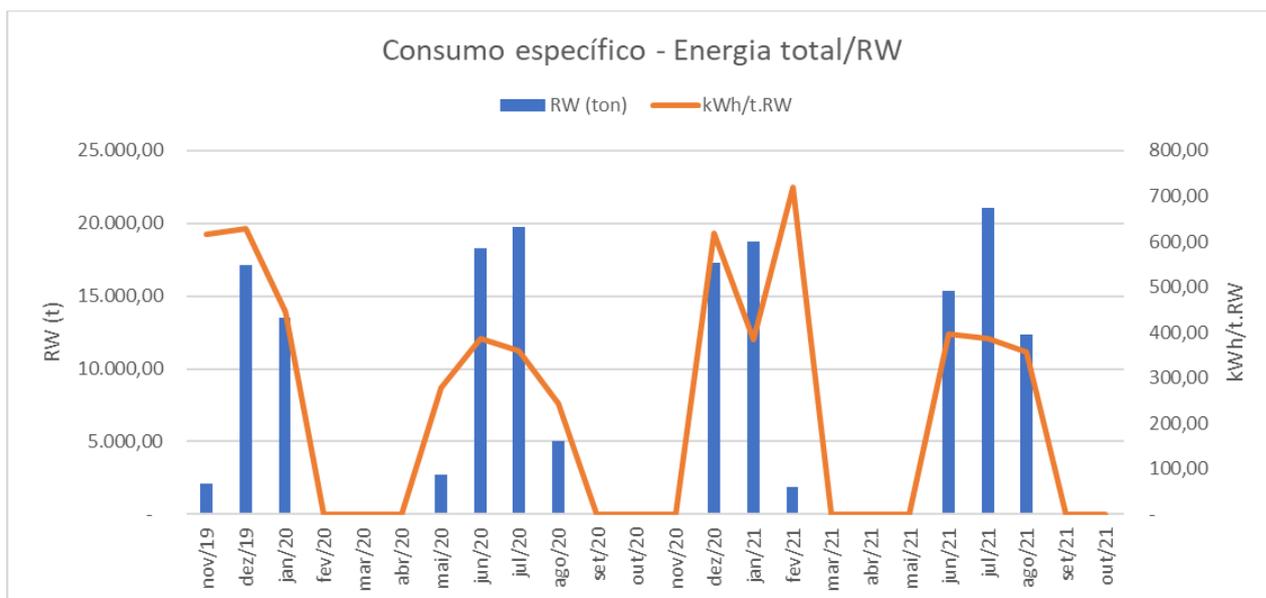


Figura 23 - Consumo de Energia total por volume recebido em 2020 e 2021 (kWh/t). Fonte: [Bases de dados da UBS]

A variável escolhida foi o volume de *Raw Weight* por haver forte correlação entre essa e o montante de energia, ou seja, quanto maior a quantidade de material recebido há tendência de incremento no consumo energético. Com base neste indicador, há a percepção de que as safras de inverno (maio a agosto) apresentaram um consumo específico menor do que as safras de verão. Isto ocorreu, possivelmente, devido o fato de que nestes períodos (mais secos), os tempos de secagem são menores, o que faz sentido, porque em tais épocas o ar se apresenta com uma menor umidade relativa, portanto, consumindo menos energia elétrica e térmica.

Um ponto de destaque no gráfico da Figura 23, é o mês de janeiro de 2021. Observa-se um desvio da tendência natural, visto que este é um mês de pico de safra. A justificativa encontrada, considerando que o consumo de energia de energia elétrica se manteve no mês em

questão, é que tenha ocorrido um erro no registro do volume de biomassa, processo feito manualmente.

Outro indicador de desempenho considerado é o volume de biomassa utilizada por volume de vapor produzido nas caldeiras, nos períodos de 2020 e 2021, veja Figura 24:

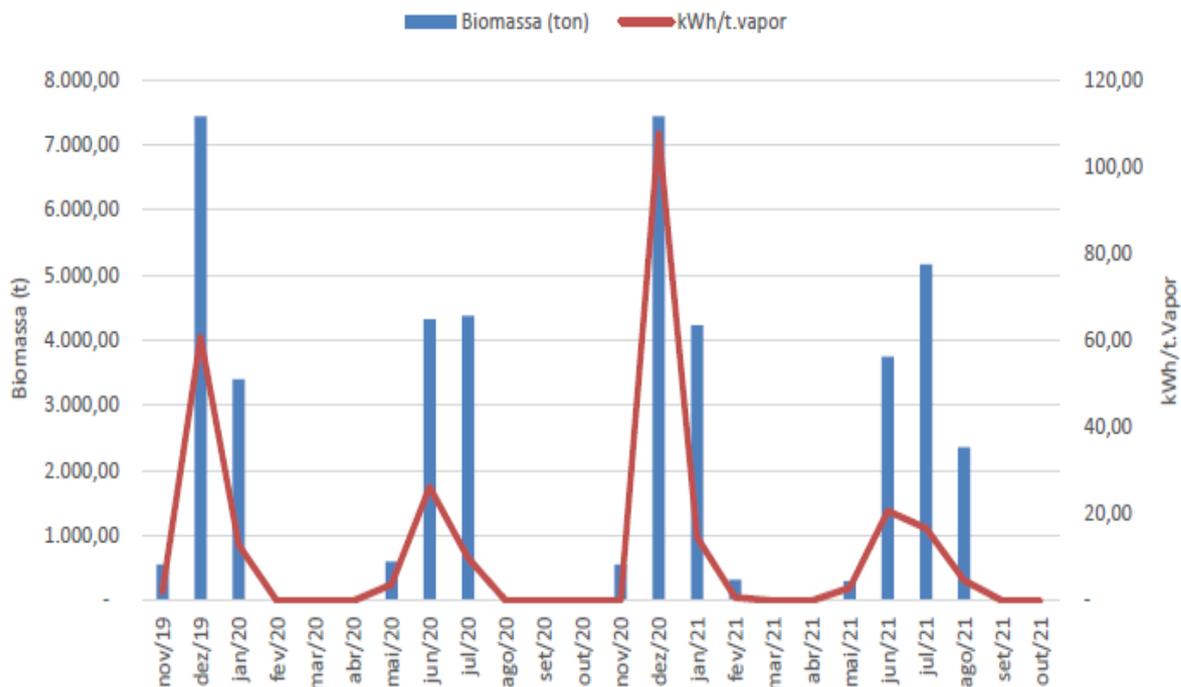


Figura 24 - Consumo de biomassa utilizada por volume de vapor produzido – CY20/21. Fonte: [Base de dados da UBS]

O desempenho energético das caldeiras é visivelmente inferior nas safras de verão em relação às de inverno. A principal justificativa pode ser atribuída à diferença de umidade do ar, que nessa região chega a variar cerca de 47% [23].

3.5.2 Indicadores secundários

Os indicadores secundários foram identificados como aqueles que podem trazer uma melhor visualização do comportamento mensal do consumo de energia elétrica por volume de material (RW), por área, em ambos os períodos considerados neste diagnóstico.

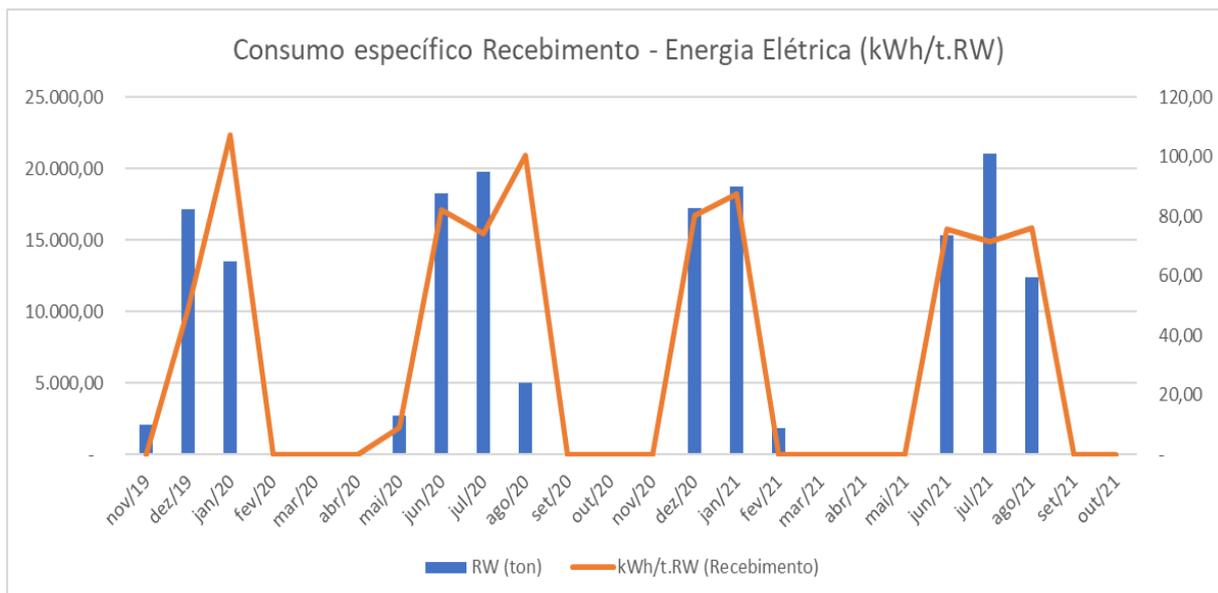


Figura 25 - Consumo específico de energia elétrica do setor Recebimento vs volume de material

Percebe-se que mesmo considerando uma análise mais setorizada, o desempenho energético das safras de inverno é melhor, não por acaso, pois o processo de secagem é o que mais consome energia elétrica no setor de Recebimento (cerca de 80%). O ar é naturalmente mais úmido no verão, o que implica em maior tempo de secagem e por consequência temos os secadores consumindo mais energia para processar o mesmo volume de material. Analisando os meses, é possível inferir que existem alguns desvios. O consumo específico não vem sendo necessariamente constante, o que pode indicar falta de padronização na operação.

Outro indicador identificado neste estudo como necessário para o melhor controle e gestão de energia é o consumo específico do setor Torre por volume de material processado (DS – *Dryer Seed*). Isto porque a Torre de classificação é o segundo setor que mais consome energia elétrica.

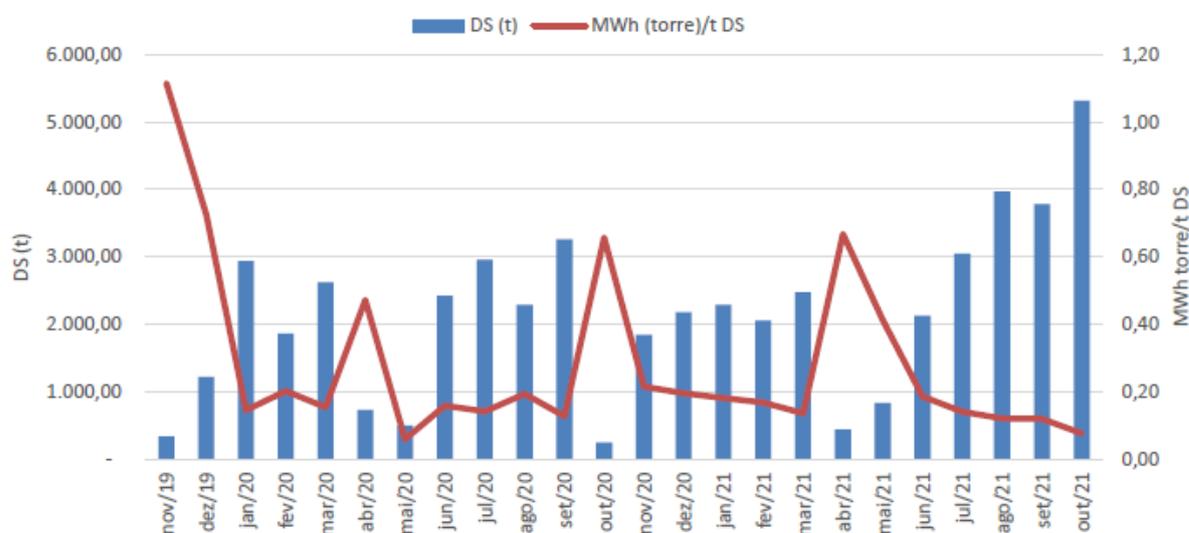


Figura 26 - Consumo específico de energia elétrica do setor Torre por volume de material (DS) – CY20/21.

Fonte: Bases de dados da UBS.

Com o indicador de consumo específico da Torre percebemos que há um valor de consumo que, independentemente da presença ou não de material processado, será realizado. Isso é justificado pelo fato de o maior equipamento presente neste setor, um exaustor, operar com acionamento ON/OFF, sem controle de velocidade.

4. Conclusões

Através do conhecimento mais aprofundado das principais áreas envolvidas, o comportamento energético da planta e a percepção da possível falta de padronização de alguns processos, evidenciada por desvios nos indicadores primários e secundários, foram sugeridas algumas ações:

- Análise de viabilidade técnica e econômica da implementação de controle de velocidade nos ventiladores dos secadores e no exaustor da Torre;
- Monitoramento do desempenho energético diário da secagem durante períodos de safra para correção imediata de desvios;
- Revisão dos procedimentos operacionais para garantir o máximo de uniformidade no processo que mais consome energia (secagem);
- Constante revisão deste diagnóstico;

- Acompanhamento da meta de consumo específico estabelecida para área de Recebimento para o CY 22, sugerida como sendo $160 \frac{kWh}{t.RW}$.

Para a elaboração deste diagnóstico foi de grande importância a compreensão de quais eram as partes envolvidas em todo o processo delimitado pelo campo de atuação do sistema de gestão de energia.

Tendo essa visão, foi possível perceber um esforço no sentido de que já havia metodologias de medição do consumo de energia nas linhas do processo produtivo, fosse esse feito por planilhas, medidores em cada setor, estimativas ou mesmo dados de concessionárias e fornecedores. No entanto, não se viu algo padronizado, especialmente baseado em diretrizes que fossem comuns a todas as áreas.

As normas ABNT ISO 50001 e ABNT ISO 50002 cumpriram um papel essencial para que fosse possível entender quais os recursos seriam necessários para o diagnóstico energético: equipes a serem contactadas, o escopo, quais recursos poderiam ser inclusos e como os dados poderiam ser transformados em informação.

De posse de todos esses recursos, pôde-se concluir que a área que apresenta o maior consumo energético é o setor de Recebimento, em que o processo de secagem consome cerca de 80% de recursos energéticos disponíveis para o setor, em função dos secadores presentes.

Além da identificação dos maiores consumidores, o desenho do perfil de consumo da planta constitui uma das partes mais relevantes da análise pois é a partir dele que foram identificados desvios e definidas ações a fim de corrigi-los.

Deve-se ter em mente que este estudo proposto não é imutável e o sucesso da proposta perpassa pela constante revisão do que foi idealizado, considerando possíveis mudanças e demandas externas. Além disso, é necessário ressaltar que os resultados serão construídos pelas pessoas, ou seja, os objetivos precisam do envolvimento das partes interessadas, alinhamento de expectativas e uma comunicação constante para serem atingidos.

Por fim, destaca-se a flexibilidade das normas ISO apresentadas neste trabalho, podendo ser aplicadas para os mais diferentes seguimentos de negócio, independente do porte ou área de atuação.

Referências Bibliográficas

1. VIANA, T. M.; TOSTA, M. D. C. R.; FREITAS, R. R. D. Análise da Gestão energética Conforme a ISO 50001. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, ES, v. 3, n. 2, p. 141-154, set. 2017. Disponível em: <<http://periodicos.ufes.br/BJPE>>.
2. BORBA, M. C. V.; GASPAR, N. F. **Um futuro com energia sustentável**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2010. 300 p.
3. FOSSA, A. J.; SGARBI, F. D. A. **Guia para Aplicação da Norma ABNT NBR ISO 50001 - Gestão de Energia**. [S.l.]: International Copper Association, 2015. Disponível em: <<http://abcobre.org.br/guia-para-aplicacao-da-norma-abnt-nbr-iso-50001-gestao-da-energia/>>. Acesso em: mai 2022.
4. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. O que o Brasil precisa fazer para avançar no próximo mandato? **Revista Indústria Brasileira**, -, v. 7, n. 67, p. 48, 2022 junho. ISSN -. Disponível em: <https://jornalismo.portaldaindustria.com.br/cni/revista_industria/revista-industria-brasileira-06-2022/>.
5. ARTUZO, F. D. et al. Gestão de custos na produção de milho e soja. **REVISTA BRASILEIRA DE GESTÃO DE NEGÓCIOS**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 293-294, abr-jun 2018. ISSN 1806-4892. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbgn/a/H8Kzjc6pBy6n4FMTKHHTRnp/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: jun 2022.
6. CARVALHO, N. M. D.; NAKAGAWA, J. **SEMENTES - Ciência, Tecnologia e Produção**. Jaboticabal: Fundação de Estudos e Pesquisas em Agronomia, Medicina Veterinária e Zootecnia - Funep, 2000.
7. SCHMIDT, F. Monitoramento de uma unidade de beneficiamento de sementes de milho. **Agropecuária Catarinense**, Campos Novos, SC, p. 24-27, abril 2020. Disponível em: <<https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/article/view/462>>.
8. FERREIRA, R. L.; SÁ, M. E. D. Contribuição de etapas do beneficiamento na qualidade fisiológica de dois híbridos de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 99-110. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbs/a/4GtXvWPkwydQ4RHwbxYgBcp/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 15 jun 2022.
9. GUIMARÃES, K. A. **Desenvolvimento e integração de ferramentas para controle de processos em indústria de beneficiamento de milho**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, p. 15-16. 2019.
10. PESKE, D. S. T.; FILHO, D. O. A. L.; BARROS, D. A. C. S. A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Ed. Universitária/UFPEl, 2006.
11. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica DEA12/16, Avaliação da Eficiência Energética e Geração Distribuída para os próximos 10 anos (2015-2024)**. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro. 2016.

12. HADDAD, J. A lei de eficiência energética e o estabelecimento de índices mínimos de eficiência energética para equipamentos no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, v. 11. Disponível em: <<https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/170>>. Acesso em: 14 maio 2022.
13. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Matriz Energética e Elétrica. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 15 maio 2022.
14. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook**. International Energy Agency. Paris, France. 2021.
15. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balço Energético Nacional - Relatório Síntese**. Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2021.
16. ENGIE. Você sabe como funciona o setor elétrico no Brasil? **Além da Energia**. Disponível em: <<https://www.alemdaenergia.engie.com.br/voce-sabe-como-funciona-o-setor-eletrico-no-brasil/>>. Acesso em: 01 junho 2022.
17. TOLMASQUIM, M. T. **Novo modelo do setor elétrico brasileiro**. 1ª. ed. [S.l.]: Synergia, 2011.
18. FILHO, R. D. **Estudo sobre o mercado de energia focando a geração distribuída**. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. [S.l.], p. 37. 2011.
19. SOUZA, R. R. D.; ERNESTO, T. D. C. R. **A indústria 4.0 e a Eficiência Energética do Produção de Etanol no Brasil**. Universidade Federal Fluminense. Niterói, p. 85. 2020.
20. MIRANDA, L. L.; GIACOMIN, R.; MAIA, T. T. Gestão de Energia e Indústria 4.0. **ABM Week**, p. 8, 01 junho 2022. ISSN 1984-9899. Disponível em: <<https://abmproceedings.com.br/ptbr/article/gestao-de-energia-e-industria-4-0>>.
21. VETTA TECNOLOGIA. Viridis. **Viridis**. Disponível em: <<https://viridis.energy/pt>>. Acesso em: 15 maio 2022.
22. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 50001: Sistemas de Gestão da Energia - Requisitos com orientações para uso**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 24. 2015.
23. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. INMET : Tempo. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/Graficos/A001>>. Acesso em: julho 2022.
24. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Diagnósticos energéticos - Requisitos com orientações para uso**. ABNT. Rio de Janeiro, p. 30. 2015.
25. CARVALHO, D. J. P. B. D. **Implementação de um sistema de gestão de energia a uma empresa do ramo automóvel segundo a Norma EN ISO 50001**. Coimbra: [s.n.], 2014.
26. NJAIM, P. R. **Aplicação de Diagnóstico Energético em uma Fábrica de Gelo em São Paulo - SP**. Universidade Federal de Santa Maria. Foz do Iguaçu. 2017.
27. SABO, F. **Industry 4.0 - A comparison of the Status in Europe and the USA**. [S.l.], p. 33. 2015.

28. SEIBT, E. J. et al. Critérios técnicos para ampliação de uma unidade de beneficiamento de sementes. **Informativo ABRATES**, v. 23, p. 65-72, 2013.
29. FILHO, E. F.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Custos de secagem intermitente de grãos de milho submetidos a três temperaturas do ar de secagem (60, 70 e 80°C). **Pesq. Agrop. Gaúcha**, Porto Alegre, v. 16, p. 17-21, 17 junho 2010. Disponível em: <http://www.fepagro.rs.gov.br/upload/1398780912_art02.pdf>.
30. ORBEN, E. W. et al. Identificação e análise de conformidades para implementação de um sistema de gestão de energia: um estudo de caso. **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, Dezembro 2016. ISSN 2359-1048. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/165181>>. Acesso em: 17 junho 2022.
31. ZUFFO, A. M.; STEINER, F. Impactos das tecnologias nas ciências agrárias. **Impactos das tecnologias nas ciências agrárias**, Ponta Grossa, v. 1, 2018. ISSN 978-85-455090-0-4. Disponível em: <<https://www.atenaeditora.com.br/arquivos/ebooks/impactos-das-tecnologias-nas-ciencias-agrarias-3>>.