

ANÁLISE FINANCEIRA NA AQUISIÇÃO DE UM EQUIPAMENTO EM UMA USINA HIDRELÉTRICA¹

Fernando Miotto²
Cleusa Teresinha Anschau³
Keila Daiane Ferrari Orso⁴

RESUMO

Esta pesquisa de campo visa demonstrar o estudo de viabilidade financeira de investimento em melhoria de processo de produção em uma usina hidrelétrica localizada no oeste de Santa Catarina. Foram utilizados como instrumento de coleta de dados a observação e pesquisa documental em registros históricos dos sistemas existentes na usina. Através da análise dos dados, foi possível identificar a necessidade da aquisição de um equipamento, para realizar alteração no processo de operação das unidades geradoras como compensador síncrono. Com a alteração no processo a usina terá condições de ter um faturamento maior com a geração de energia reativa. Em termos de viabilidade econômica, o investimento no equipamento terá o retorno em menos de dois anos. Além do retorno financeiro a empresa terá, no longo prazo, vantagem com a redução da manutenção das unidades geradoras devido ao menor desgaste com a redução de desligamentos. A mudança no processo implicará em melhorias não somente para a empresa, pois a usina também contribuirá para um melhor atendimento das necessidades do sistema elétrico, ou seja, a melhora da qualidade da energia entregue aos consumidores.

Palavras-chave: Melhoria de processo. Geração de energia. Retorno de investimento.

1 INTRODUÇÃO

O trabalho da gerência de produção não acaba quando uma operação produtiva é projetada e suas atividades estão planejadas e controladas. Todas as operações, independente de quão bem gerenciadas, sempre são passíveis de melhoramento. As melhorias nos processos podem gerar à organização um aumento na produção, a redução de falhas e o aumento na qualidade de modo geral (SLACK, 1999).

À medida que o tempo passa, os ativos de uma organização podem tornar-se obsoletos ou exigir reforma, sendo necessário nesse momento tomar decisões financeiras. Os investimentos de longo prazo representam gastos substanciais de fundos que comprometem uma empresa com determinada linha de ação. Em consequência, ela deve ter procedimentos

¹ Artigo como pré-requisito para obtenção do título em Engenharia de Produção pela UCEFF, 2020.

² Aluno de Engenharia de Produção, UCEFF. E-mail: fernando.miotto@uceff.edu.br.

³ Professora orientadora de graduação e pós-graduação, UCEFF. E-mail: cleusaanschau@uceff.edu.br.

⁴ Docente da UCEFF. E-mail: keila@uceff.edu.br.

para analisar e seleccionar adequadamente seus investimentos de longo prazo. Deve ser capaz de medir os fluxos de caixa e aplicar técnicas de decisão apropriadas (SANTOS, 2010).

Dentre os mais variados produtos e serviços fornecidos pelas empresas está a energia elétrica. De acordo com Dutra & Maia (2013) a energia elétrica é um serviço essencial e prioritário que passou a fazer parte da vida das pessoas, sendo um serviço consumido praticamente de forma inconsciente. O uso da energia elétrica tornou-se tão comum que os consumidores muitas vezes só percebem que usufruem deste serviço nos momentos em que falta energia e quando recebem a fatura da distribuidora.

Apesar de ser um serviço consumido praticamente sem perceber, não deixa de ser necessário que este tenha qualidade. De acordo com o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (2009), a classificação de qualidade de energia elétrica é o “desempenho do sistema em termos de continuidade de serviço e de conformidade na forma de onda da tensão, incluindo os efeitos de flutuação de tensão, desequilíbrio, distorção harmônica e variação de tensão de curta duração”.

Um dos recursos utilizados para controle de tensão do sistema elétrico são os compensadores síncronos. O compensador síncrono é “máquina cujo componente principal é girante ou rotativo, que funciona sem carga mecânica, fornecendo ou absorvendo potência reativa” (ONS, 2009).

Para que uma unidade geradora de uma usina hidrelétrica seja capaz de ser convertida do estado de gerador para compensador síncrono é necessário investir em equipamentos auxiliares que possibilitam este processo de conversão. Alguns destes equipamentos necessários são: Compressores de ar; válvulas pneumáticas; acumuladores de ar; tubulações; sensores e diversos componentes elétricos.

Diante do exposto questiona-se: **Como analisar a viabilidade financeira da aquisição de um equipamento auxiliar do sistema de controle de potência reativa em uma usina hidrelétrica?** Para atender o problema, o objetivo geral é analisar a viabilidade econômica e financeira na aquisição de um equipamento em uma usina hidrelétrica. Bem como, para facilitar a pesquisa, tem-se os objetivos específicos: descrever os custos de aquisição do equipamento; analisar o custo-benefício da implementação do equipamento.

Após a definição dos objetivos geral e específico, será realizada pesquisa bibliográfica relacionada ao problema e aos objetivos para haver fundamentação e base teórica necessária para atingir os objetivos de forma eficaz.

Todas as quatro unidades geradoras da usina tem a capacidade de serem convertidas para compensador síncrono, entretanto o sistema auxiliar foi projetado para suportar somente três unidades. Neste sentido, essa pesquisa se justifica, pois o investimento em um compressor adicional permitirá a operação de todas as unidades geradoras da usina como compensador síncrono de forma simultânea. Este fato poderá trazer a empresa benefícios como: faturamento maior com prestação de serviços ancilares; aumento da vida útil dos componentes das unidades geradoras; aumento da disponibilidade de geração e; melhor atendimento das necessidades do sistema elétrico.

Além de verificar a bibliografia relacionada aos objetivos, será realizada pesquisa sobre o setor em que está inserida a empresa envolvida neste trabalho e verificado alguns detalhes do seu produto e sistema de produção. Os dados levantados na pesquisa darão suporte a alta administração para possuírem mais parâmetros e assim tomar uma decisão mais assertiva.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em algum momento será necessário realizar uma mudança ou melhoria no processo produtivo de uma organização. É importante que a mudança de processo seja eficaz e tenha o menor custo possível de investimento. As decisões de investimentos devem ser pautadas em fundamentos que comprovem a sua real necessidade, assim como ter elaborado um estudo correto que apresentem previsões de retorno o mais próximo possível da realidade. O estudo da bibliografia relacionada ao assunto serve de base para compreender que é necessário gerenciar o processo produtivo, considerando os recursos existentes, o ambiente em que a organização está inserida e as exigências dos clientes.

2.1 GESTÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

De acordo com Gaither & Frazier (2012), “Administração da produção e operações é administração do sistema de produção de uma organização que transforma os insumos nos produtos e serviços da organização”.

Conforme afirma Batalha (2008), a necessidade de gerenciar existe desde a pré-história. A humanidade transforma matéria-prima em produtos acabados, e isso envolve um controle e coordenação de atividades. Antes de surgir o termo “gestão” ou “engenharia de

produção” já era necessário organizar os recursos para fazer produtos e serviços da forma mais racional possível. Com o passar dos anos a tecnologia evoluiu e os processos de produção deixaram de ser artesanais e passaram a ser industriais. O Quadro 1 ilustra a evolução da gestão da produção.

Quadro 1 – Evolução da gestão de operações ao longo dos milênios.

Anos	Conceitos
2000	MRP e Produção Enxuta Linha de montagem e teorias da administração. Início do "sistema americano de produção" (máquinas, ferramentas e partes intercambiáveis) Revolução Industrial (especialização do trabalho)
0	Gregos praticando especialização do trabalho com padronização de movimentos
2000AC	Ideias de salário mínimo e responsabilidade gerencial no Código de Hamurabi Chineses com um sistema de governo plenamente desenvolvido
4000AC	Egípcios usando conceitos básicos de planejamento, organização e controle do trabalho
5000AC	Monges sumérios fazendo contabilidade básica de estoques, empréstimos e taxas

Fonte: Batalha (2008).

Uma melhor administração das operações de uma empresa pode agregar valor à empresa ao melhorar sua competitividade e lucratividade ao longo prazo. Decisões de operações ruins podem prejudicar a posição competitiva de uma empresa e aumentar seus custos. Boas decisões podem melhorar o valor da empresa, aumentando sua lucratividade e crescimento. Entender os conceitos fundamentais da administração de operações e ser capaz de usar uma variedade de ferramentas comuns de tomada de decisões e abordagens de resolução de problemas é fundamental para tomar melhores decisões de operações. (GAITHER & FRAZIER, 2012).

A administração da produção deve ser uma das competências do engenheiro de produção. Dentre as especializações da Engenharia, o engenheiro de produção tem de entender como estruturar um sistema de produção que utiliza conjuntamente materiais, equipamentos, informações, energia e pessoas. Assim, o engenheiro de produção tem de conhecer o que é essencial em cada uma dessas áreas da Engenharia, e saber analisar as relações e interdependências entre esses diferentes elementos constituintes. Assim, o

engenheiro de produção possui competências na área tecnológica que são articuladas com competências na área de administração e gestão (BATALHA, 2008).

A gestão da produção envolve decisões em conformidade com a estratégia de operações da empresa. Ao tomar essas decisões de processos os gerentes se concentram no controle de prioridades competitivas como qualidade, flexibilidade, tempo e custos. Uma das decisões a serem tomadas é como será prestado um serviço ou fabricado um produto. Pode ser necessário realizar melhoria que envolvem a escolha de como selecionar recursos humanos, equipamentos, serviços terceirizados, materiais, fluxo de trabalho e métodos que transformam insumos em resultados. Essa necessidade de melhoria pode ser motivada por alguns fatores quando: a disponibilidade ou custo dos insumos mudou; o desempenho atual é inadequado ou; a demanda por um serviço ou produto está mudando (KRAJEWSKI, 2009).

Na visão de Batalha (2008), o controle da produção compreende as funções de acompanhamento do processo produtivo e de entrega dos produtos. Ele é responsável por garantir que o sistema atenda adequadamente os clientes, permitindo a correção de falhas e desvios nos padrões estabelecidos. Sendo assim, o controle da produção monitora e avalia a produção, fornecendo feedback para o planejamento operacional. Essas informações permitem a atualização de dados que levam a um novo ciclo de planejamento.

2.1.1 Qualidade nos processos produtivos

Quanto a qualidade de um produto, os autores Gaither & Frazier (2012) afirmam que: “Qualidade não é definida pela empresa que produz um determinado produto, mas sim pelos clientes. A qualidade de um produto ou serviço é a percepção do cliente do grau que o produto ou serviço atende às suas expectativas”.

Complementando a visão anterior, Batalha (2008) afirma que “a gestão da qualidade envolve a perspectiva estratégica de área, com foco nos resultados e na visão do cliente. A qualidade passa a ser vista como um critério competitivo e projetada para atender a voz do consumidor”. Na avaliação da qualidade os clientes consideram vários critérios. Dentre esses critérios estão incluídas algumas dimensões da qualidade, conforme segue:

Desempenho: Quão bom o produto ou serviço desempenha o uso esperado pelo cliente. Por exemplo, a velocidade de uma impressora a laser.

Características: As características especiais que atraem os clientes. Por exemplo, assentos ajustáveis por comandos elétricos de um carro;

Confiabilidade: A probabilidade de quebra, mau funcionamento ou a necessidade de conserto;
 Utilidade: A velocidade, o custo e a conveniência de consertos e manutenção;
 Durabilidade: O tempo ou o uso necessário antes de ser preciso efetuar um conserto ou substituição;
 Aparência: Os efeitos nos sentidos humanos – visão, tato, paladar, olfato e audição;
 Atendimentos ao Cliente: Como os clientes são tratados antes, durante e depois da venda;
 Segurança: Quanto o produto protege os usuários antes, durante e depois do uso (GAITHER & FRAZIER, 2012, p. 490).

A função produção produz os serviços e bens demandados pelos consumidores. Diante desta afirmação, Slack (1999) declara que a função produção é vital para contribuir para qualquer organização que deseja ser bem-sucedida a longo prazo. Ela dá à organização uma vantagem baseada em produção. O autor ainda afirma que para ser competitivo e ter “vantagem baseada em produção” é possível através dos cinco “objetivos de desempenho”. Para cada objetivo, o autor traz uma explicação, conforme segue:

Você desejaria fazer certo as coisas. Isto é, não desejaria cometer erros. Se a produção for bem-sucedida e proporcionar isso, estará dando uma vantagem de qualidade para empresa

Você desejaria fazer as coisas com rapidez. Desejaria minimizar o tempo entre o consumidor solicitar os bens e serviços e recebê-los. Fazendo isso, você estaria dando à empresa uma vantagem em rapidez.

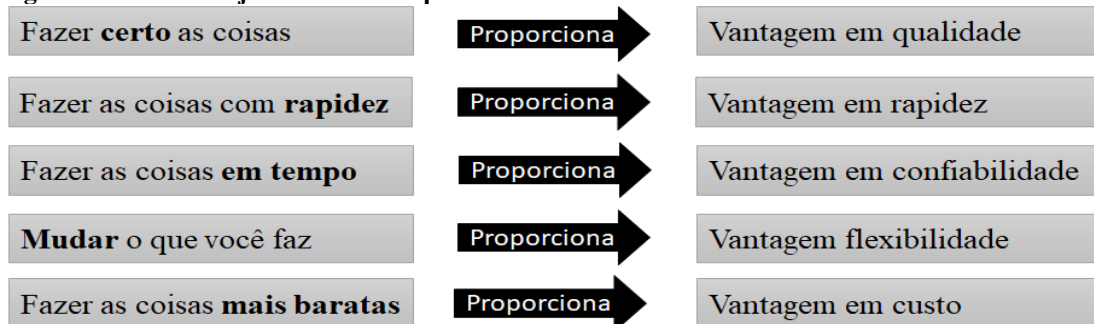
Você desejaria fazer as coisas em tempo para manter os compromissos de entrega assumidos com seus consumidores. Se a produção puder fazer isso, estará proporcionando aos consumidores a vantagem de confiabilidade.

Você desejaria estar preparado para mudar o que faz, isto é, estar em condições de mudar ou de adaptar as atividades de produção para enfrentar circunstâncias inesperadas. Estar em condições de mudar rapidamente para atender às exigências dos consumidores da empresa a vantagem de flexibilidade.

Você desejaria fazer as coisas o mais barato possível, isto é, produzir bens e serviços a custos que possibilite fixar preços apropriados ao mercado e ainda permitir retorno para organização. Quando a organização procura fazer isso, está proporcionando vantagem de custo a seus consumidores (SLACK, 1999, p. 57).

Os objetivos descritos anteriormente estão resumidamente ilustrados na Figura 1.

Figura 1 – Cinco “objetivos de desempenho”.



Fonte: (SLACK, 1999).

Bom desempenho de qualidade em uma operação não leva apenas a satisfação de consumidores externos. Também torna mais fácil a vida das pessoas envolvidas na operação. Satisfazer aos clientes internos pode ser tão importante quanto satisfazer aos consumidores externos. Slack (1999) afirma que a qualidade também influencia na redução de custos e no aumento da confiabilidade. O autor releva o ponto em que o objetivo de desempenho de qualidade envolve um aspecto externo que lida com a satisfação do consumidor e um aspecto interno que lida com a estabilidade e a eficiência da organização.

2.1.1.1 Normas de Qualidade

Embora na sua origem os sistemas normalizados da área de qualidade tenham sido elaborados por governos e organizações militares, esse tipo de norma rapidamente se difundiu no ambiente corporativo. Tal difusão esteve ligada ao aumento da complexidade das cadeias produtivas, ao forte crescimento da terceirização e à globalização, fatores que impactaram substancialmente as relações cliente-fornecedor.

Foi em 1987 que surgiu a primeira versão das normas *International Organization for Standardization* (ISO 9000), denominada sistemas de garantia da qualidade. Essa Norma tornou-se um grande sucesso internacional em termo de adoção pelas empresas, sendo requisito de ingresso em muitas cadeias produtivas, em especial a automobilística que não tardou a criar diretrizes adicionais, como a QS 9000 (BATALHA, 2008).

Para administrar uma organização com sucesso a norma NBR ISO 9000 (2000) afirma que é necessário dirigi-la e controlá-la de maneira transparente e sistemática. O sucesso pode resultar da implementação e manutenção de um sistema de gestão concebido para melhorar continuamente o desempenho, levando em consideração, ao mesmo tempo, as necessidades de todas as partes interessadas.

Clientes exigem produtos com características que satisfaçam as suas necessidades e expectativas. Estas necessidades e expectativas são expressas nas especificações de produto e são, geralmente, designadas como requisitos do cliente. Requisitos do cliente podem ser especificados contratualmente pelo cliente ou determinados pela própria organização. Em qualquer caso, será sempre o cliente que, em última análise, determinará a aceitabilidade do produto. Como as necessidades e expectativas dos clientes estão mudando, e por causa das pressões competitivas e dos avanços tecnológicos, as organizações são induzidas a melhorar continuamente seus produtos e processos.

A abordagem do sistema de gestão da qualidade incentiva as organizações a analisar os requisitos do cliente, definir os processos que contribuem para a obtenção de um produto que é aceitável para o cliente e manter estes processos sob controle. Um

sistema de gestão da qualidade pode fornecer a estrutura para melhoria contínua com o objetivo de aumentar a probabilidade de ampliar a satisfação do cliente e de outras partes interessadas. Ele fornece confiança à organização e a seus clientes de que ela é capaz de fornecer produtos que atendam aos requisitos do cliente de forma consistente (NBR ISO 9000, 2000 p. 3).

Ainda de acordo com a norma, foram identificados oito princípios de gestão da qualidade que podem ser usados para alcançar a melhoria do desempenho de uma organização. Estes princípios são os seguintes: Foco no cliente; Liderança; Envolvimento de pessoas; Abordagem de processo; Abordagem sistêmica para a gestão; Melhoria contínua; Abordagem factual para tomada de decisão e; Benefícios mútuos nas relações com os fornecedores.

2.1.2 Plano de manutenção de máquinas

Além da qualidade ser um fator importante para uma organização, a manutenção também tem vital importância. De acordo com Ribeiro (2003), a gestão inteligente da manutenção ganha importância pela necessidade das organizações de exporem seus produtos e serviços aos mercados globalizados. Esta realidade faz com que as empresas prezem pela satisfação do cliente garantindo a qualidade e a confiabilidade que equipamentos em estado adequado de operação podem fornecer.

2.1.3 Ciclo de vida da máquina

Dentre os fatores a serem considerados pela administração, está ciclo de vida dos equipamentos. Os elementos da direção devem também compreender o conteúdo do custo do ciclo de vida dos equipamentos e utilizá-lo para a tomada de decisões sobre os investimentos necessários (RIBEIRO, 2003).

Um dos princípios a serem considerados envolvendo a manutenção é a minimização do custo do ciclo de vida dos equipamentos ainda durante a fase do projeto, pois esse custo do ciclo de vida é praticamente imutável após o término do projeto, pelo fato de que 90% a 95% do equipamento são imutáveis após sua construção. O conceito do custo do ciclo de vida dos equipamentos engloba os seguintes custos: custos de aquisição; custos de operação; custos de manutenção planejada e não planejada e; custos de conversão e descarte (reposição de peças) (NAKAJIMA, 1989).

2.2 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Independentemente de sua forma, a energia é indispensável à sobrevivência da espécie humana. Além de sobreviver, o homem procurou sempre evoluir, descobrindo fontes e maneiras alternativas de adaptação ao ambiente em que vive e de atendimento às suas necessidades. Dessa forma, a exaustão, a escassez ou a inconveniência de um dado recurso tendem a ser compensadas pelo surgimento de outro. Em termos de suprimento energético, a eletricidade se tornou uma das formas mais versáteis e convenientes de energia, passando a ser recurso indispensável e estratégico para o desenvolvimento socioeconômico de muitos países e regiões. No limiar do terceiro milênio, os avanços tecnológicos em geração, transmissão e uso final de energia elétrica permitem que ela chegue aos mais diversos lugares do planeta, transformando regiões desocupadas ou pouco desenvolvidas em pólos industriais e grandes centros urbanos (Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2005).

A citação a seguir apresenta uma breve noção de como é obtida a energia elétrica em uma usina hidrelétrica.

Antes de se tornar energia elétrica, a energia deve ser convertida em energia cinética. O dispositivo que realiza essa transformação é a turbina. A turbina consiste basicamente em uma roda dotada de pás, que é posta em rotação ao receber a massa de água. O último elemento dessa cadeia de transformações é o gerador, que converte o movimento rotatório da turbina em energia elétrica.

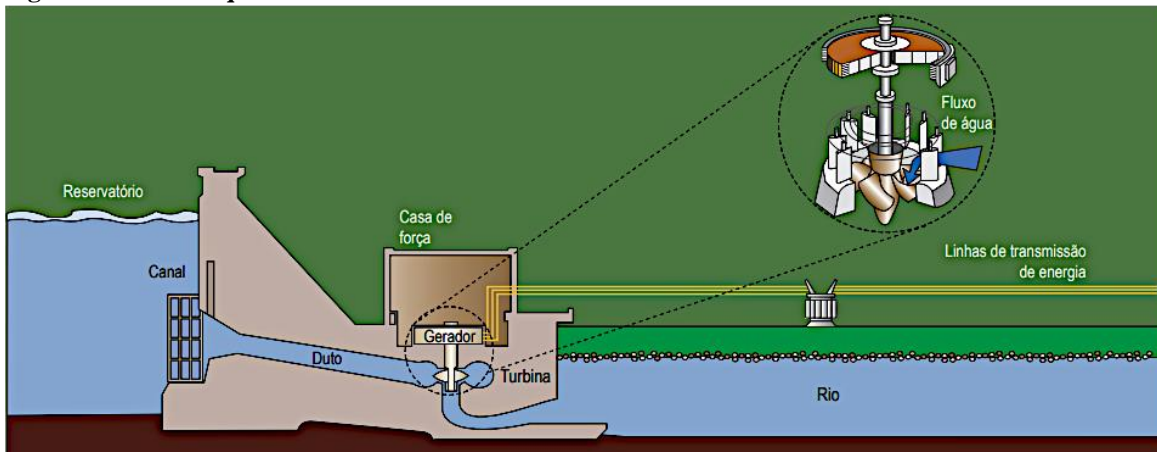
A implantação de uma usina hidrelétrica em um rio prevê a construção de uma barragem para represá-lo, formando um lago artificial que pode ter duas funções: acumular água para quando houver diminuição de vazão no rio e prover um desnível para a queda da água (aumento da energia potencial).

Na casa de força, estão instalados os equipamentos para a produção de eletricidade, que incluem a tomada d'água, conduto forçado, gerador, Sala de Controle (CCR), Sala de Despacho de Carga e salas de controle local.

A rotação da turbina, movimentada pelo fluxo d'água, faz girar o rotor do gerador, cujo campo magnético, ao se deslocar, produz energia elétrica. (ITAIPU BINACIONAL, 2010).

Para facilitar o entendimento de como é gerada a energia elétrica, a Figura 2 ilustra o esquema de uma usina hidrelétrica.

Figura 2 – Perfil esquemático de uma usina hidrelétrica.



Fonte: ANEEL (2008).

2.2.1 Gerador de energia ativa e reativa

Tratando da rede de distribuição de energia elétrica, num sistema ideal, a tensão e frequência em cada ponto de fornecimento deveriam ser constantes, livres de harmônicos e idealmente de fator de potência unitário nos consumos. A estratégia usada para manter os níveis de tensão dentro de um valor definido na rede de distribuição consiste em fornecer ou absorver energia reativa com os mesmos geradores na rede de distribuição (CHAVES, 2009).

Conforme consta na Resolução Normativa nº 697, de 16 de dezembro de 2015 da ANEEL, as unidades geradoras devem ter a capacidade de fornecer e absorver a potência reativa.

Suporte de reativos é o fornecimento ou a absorção de energia reativa por unidade geradora, destinados ao controle de tensão da rede de operação, mantendo-a dentro dos limites de variação estabelecidos nos Procedimentos de Rede e nos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, mediante o uso de:

- a) unidades geradoras enquanto fornecem potência ativa; ou
- b) unidades geradoras enquanto operam como compensadores síncronos, as quais propiciam benefícios sistêmicos tais como suporte de reativos em regime dinâmico, agregação de inércia, elevação dos níveis de curto-circuito, eliminação de riscos de autoexcitação e sobretensões/subtensões transitórias, além do controle de tensão em regime permanente (ANEEL, 2015).

Os Serviços Ancilares são os serviços suplementares aos prestados pelos agentes de operação, regulamentados pela Resolução ANEEL n 265/03, que compreendem os controles primário e secundário de potência, e suas reservas de potência; a reserva de prontidão; o suporte de reativo e o auto-restabelecimento de unidades geradoras (ONS, 2019).

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país, sob a fiscalização e regulação da ANEEL.

Instituído como uma pessoa jurídica de direito privado, sob a forma de associação civil sem fins lucrativos, o ONS foi criado em 26 de agosto de 1998, pela Lei nº 9.648, com as alterações introduzidas pela Lei nº 10.848/2004 e regulamentado pelo Decreto nº 5.081/2004.

Para o exercício de suas atribuições legais e o cumprimento de sua missão institucional, o ONS desenvolve uma série de estudos e ações exercidas sobre o sistema e seus agentes proprietários para gerenciar as diferentes fontes de energia e a rede de transmissão, de forma a garantir a segurança do suprimento contínuo em todo o país, com os objetivos de:

- (a) promover a otimização da operação do sistema eletroenergético, visando ao menor custo para o sistema, observados os padrões técnicos e os critérios de confiabilidade estabelecidos nos Procedimentos de Rede aprovados pela Aneel;
- (b) garantir que todos os agentes do setor elétrico tenham acesso à rede de transmissão de forma não discriminatória; e
- (c) contribuir, de acordo com a natureza de suas atividades, para que a expansão do SIN se faça ao menor custo e vise às melhores condições operacionais futuras.

O ONS é composto por membros associados e membros participantes, que são as empresas de geração, transmissão, distribuição, consumidores livres, importadores e exportadores de energia. Também participam o Ministério de Minas e Energia (MME) e representantes dos Conselhos de Consumidores. (Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS, 2020).

O ONS tem como atribuição propor regras para a operação das instalações de transmissão da rede básica do SIN, a serem aprovadas pela ANEEL. Essas regras são consolidadas nos Procedimentos de Rede, que são documentos de caráter normativo elaborados pelo ONS, com participação dos agentes. Os Procedimentos de Rede estabelecem os requisitos técnicos necessários para garantir o livre acesso às instalações de transmissão, a realização das atividades de planejamento e programação da operação eletroenergética, administração de serviços de transmissão de energia elétrica, proposição de ampliações e reforços para a Rede Básica e para as DITs, bem como as atividades de supervisão, coordenação e controle da operação do SIN (ONS, 2020).

Conforme trata o Artigo 10 da Resolução Normativa 697/2015, as unidades geradoras que operam como compensador síncrono serão remuneradas pela Tarifa de Serviços Ancilares - TSA, a ser estabelecida em resolução homologatória específica, visando recuperar os custos adicionais de operação e manutenção (ANEEL, 2015).

De acordo com o Submódulo 14.3 dos procedimentos de rede do ONS, caracteriza-se como serviços ancilares a serem apurados pelo ONS a operação das unidades geradoras como compensadores síncronos para suporte de reativos. O procedimento estabelece que o ONS

deve mensalmente apurar o período que o agente prestou o serviço ancilar e a CCEE deve apurar a medição de energia reativa (Mvarh) referente às unidades geradoras aptas a serem remuneradas pela prestação do serviço ancilar de suporte de reativos.

Como pode-se verificar até aqui, devido a necessidade do sistema, os agentes de geração recebem pela potência reativa que fornecem ou absorvem do sistema elétrico. Para realizar esse trabalho as unidades geradoras operam como compensador síncrono. A necessidade de operar como como compensador síncrono é tão importante que os agentes podem ter ressarcidos os seus custos de implantação do sistema de compensador síncrono, conforme segue:

A ANEEL poderá autorizar, mediante solicitação do agente de geração, a implantação de equipamentos para o caso de conversão de unidade geradora para operar como compensador síncrono para prestação do serviço ancilar de suporte de reativos, com ressarcimento dos custos incorridos. A solicitação de autorização deve estar acompanhada do estudo do ONS que demonstre a necessidade e a viabilidade técnica da prestação do serviço ancilar, da comparação com a alternativa técnica e economicamente equivalente de geração ou transmissão realizada pelo agente de geração e do respectivo orçamento detalhado elaborado pelo agente de geração. (ONS, 2019)

2.2.2 Adequações às normas de segurança

Dentro da gestão da produção está compreendido os conhecimentos relacionados a Higiene e Segurança do Trabalho (HST), muitas vezes o engenheiro de produção deverá ter conhecimentos em HST, pois poderá responder pela gestão da segurança do trabalho na empresa, onde cuidará das atividades relacionadas à função da gestão de riscos. A gerência de riscos pode ser definida como a função que objetiva a redução e o controle dos efeitos adversos dos riscos aos quais uma organização é exposta. Essa função é tão importante que se reflete na busca de certificações baseadas nos padrões das normas ISO 9000 e 14000 e no desenvolvimento de legislação em muitos países (BATALHA, 2008).

2.3 CUSTOS DO PROCESSO

Conhecer os custos envolvidos em um processo produtivo se torna necessário para a tomada de decisões sobre a sustentabilidade de um determinado negócio. Para garantir a sobrevivência de uma companhia é necessário mensurar esses custos que vão impactar diretamente na análise de viabilidade econômica, servindo como indicativo para a escolha das melhores alternativas de produção visando sempre a maximização dos retornos.

2.3.1 Custos fixos indiretos, custos variáveis diretos

Custo é todo gasto incorrido na produção de um bem ou na prestação de um serviço. Desse modo, tudo (bem ou serviço) o que for consumido para gerar um novo bem ou serviço será custo. Têm-se como exemplos de custos o consumo de matéria-prima na produção, salário dos funcionários da fábrica, depreciação, aluguel, energia elétrica, consumo de água entre outros (NOGUEIRA, 2009).

Uma despesa é o gasto decorrente do uso de bens ou serviços realizados com o objetivo de obter uma receita. Generalizando, despesa correspondem a decréscimos nos ativos ou acréscimos nos passivos. Custo é um termo que pode ser empregado como sinônimo de despesa, sendo este o preço pelo qual se obtém um bem, direito ou serviço (MARQUES, SILVA, & TARIFA, 2009).

De acordo com Nogueira (2009) os custos podem ter a classificação quanto a serem diretos ou indiretos. Os diretos podem ser classificados desta forma quando puderem ser diretamente apropriados aos produtos, bastando apenas que se tenha uma unidade de medida de consumo, como quantidade de matéria-prima por produto, unidades de embalagem e horas de mão de obra gastas no produto. Os custos indiretos são classificados desta forma quando não oferecem condições de uma medida objetiva e qualquer tentativa de alocação tende ser feita de maneira estimada e muitas vezes arbitrária (como custos com supervisão, chefias e aluguel de fábrica).

Além de serem classificados em diretos e indiretos, os custos podem ser classificados também em fixos e variáveis. Os custos fixos são os que não variam no período, independentemente da quantidade produzida. Esses custos têm natureza fixa, ou seja, terão sempre o mesmo valor se a empresa produzir cem ou mil unidades. Em contrapartida, os custos variáveis são os custos que guardam relação direta com a quantidade produzida. Desta forma, os custos variam de acordo com a variação da produção. Quando a produção aumenta, os custos variáveis aumentam. Quando a produção diminui, os custos variáveis diminuem, como por exemplo, os valores gastos com a compra de matéria-prima de um produto (NOGUEIRA, 2009).

2.4 ANÁLISE FINANCEIRA DE INVESTIMENTO

Implementar o novo processo: a implementação do novo processo vai depender do grau de dificuldade envolvido. A principal delas diz respeito à necessidade de investimentos, uma vez que os recursos sempre são escassos.

Uma boa forma de conseguir viabilizar o investimento necessário é provando o benefício que pode ser obtido, por meio da utilização de indicadores financeiros, como o *Payback*. Tais indicadores devem ser levantados na fase anterior (registro de como deve ser feito). Outra dificuldade pode advir da resistência natural que as pessoas têm às mudanças. A própria cultura da empresa é um fator a ser considerado. Existem empresas com pouca ou nenhuma restrição às mudanças e existem empresas altamente resistentes a elas. Nesta fase, o trabalho do gestor é assegurar que o novo procedimento, cuja viabilidade foi estabelecida na etapa anterior, vai ser seguido. Não é raro que o responsável “vire as costas” e o processo volte a ser feito da forma anterior, desperdiçando todo o esforço realizado na análise para a proposição da mudança (PEINADO & GRAEML, 2007).

2.4.1 Indicadores de viabilidade (*Payback*, amortização, depreciação, fluxo de caixa)

O fluxo de caixa de uma empresa consiste na projeção de entradas e saídas de recursos financeiros em seu caixa. Alguns dos objetivos básicos do fluxo de caixa é prever qual vai ser o saldo em caixa de cada período orçado e determinar a previsão dos recebimentos e desembolsos de capital em cada período (BAZOLI, 2010).

Um dos fatores a serem considerados na decisão de investimentos é a amortização. A amortização consiste na alocação sistemática do valor amortizável de ativo intangível ao longo da sua vida útil, ou seja, o reconhecimento da perda do valor do ativo ao longo do tempo. Um ativo intangível com vida útil definida deve ser amortizado, e a despesa de amortização para cada período deve ser reconhecida no resultado. A amortização desses bens deve ser contabilizada a cada mês em conta redutora específica (BAZOLI, 2010).

Payback é amplamente utilizado pelas empresas para avaliar os seus projetos de investimentos. Trata-se do tempo necessário para que a empresa recupere seu investimento inicial em projeto. O *Payback* leva em conta a distribuição dos fluxos de caixa no tempo e, portanto, considerando o valor do dinheiro no tempo, (SANTOS, 2010).

Payback simples demonstra em quanto tempo o investimento inicial sem considerar nenhuma taxa de juros irá retornar aos investimentos. Ela é encontrada na soma simples do fluxo de caixa mês a mês até a soma ser igual à do investimento inicial (BAZOLI, 2010).

O objetivo de realizar um investimento está ligado ao retorno que este gerará com o tempo. Analisar o valor investido e os custos comparados com a possibilidade de retorno darão suporte a decisão de investimento. O fluxo de caixa proporcionará esse suporte para a decisão (SANTOS, 2010).

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho envolveu uma pesquisa classificada como indutiva. No método indutivo, inicialmente se observa fatos ou fenômenos cujas causas se deseja conhecer. Em sequência, procura-se compará-los com o objetivo de descobrir as relações existentes entre eles. Por fim, procede-se à generalização, com base na relação verificada entre os fatos ou fenômenos (GIL, 2008).

Quanto aos objetivos da pesquisa, esta pode ser classificada como exploratória. De acordo com Marconi & Lakatos (2003), a pesquisa exploratória é empírica cujo objetivo é a formulação de questões ou de um problema, com as finalidades de: “desenvolver hipóteses; aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou; modificar e clarificar conceitos”.

A pesquisa deste trabalho se classifica como indutiva e exploratória pelo fato de ser realizada a coleta de dados de várias fontes de informação, como exemplo: dados de alteração de estado de unidades geradoras; tempo de reposição de ar de rebaixamento; disponibilidade de compressores e valores de energia reativa gerada. Os dados obtidos foram organizados e relacionados com a finalidade de obter as informações necessárias para estimar o retorno do investimento, que serão explicados na apresentação e análise de dados a seguir.

Considerando o procedimento adotado nesta pesquisa científica, pode-se afirmar que se trata de uma pesquisa de campo, pois de acordo com Fonseca (2002) a pesquisa de campo caracteriza-se pelas investigações em que, além da pesquisa bibliográfica e/ou documental, se realiza coleta de dados junto à pessoas, com o recurso de diferentes tipos de pesquisa como: pesquisa ex-post-facto; pesquisa-ação; pesquisa participante, entre outras (*apud* Gerhardt e Silveira, 2009).

A área de estudo envolvida nesta pesquisa trata-se de uma usina hidrelétrica que está localizada no município de Alpestre, Rio Grande do Sul. O estudo realizado dentro da usina hidrelétrica considerou como amostra as unidades geradoras e a energia reativa que é gerada pelas próprias unidades.

A coleta de dados é a busca por informações para a elucidação do fenômeno ou fato que o pesquisador quer desvendar. O instrumental técnico elaborado pelo pesquisador para o registro e a medição dos dados deverá ser válido, confiável e preciso. Os instrumentos existentes para coleta de dados são: pesquisa bibliográfica; pesquisa documentada; pesquisa eletrônica e questionário (GERHARDT & SILVEIRA, 2009).

O presente estudo foi iniciado em agosto de 2020 e teve como ponto inicial a percepção do aumento da frequência em que a geração da usina foi zerada no referido ano. Diante desta situação, procurou-se encontrar informações que fundamentassem uma alteração no processo de produção da usina. Essa procura baseou-se principalmente em dados de planilha eletrônica gerados pelos próprios sistemas existentes na usina, como é o caso do sistema de medição e faturamento que gera arquivos de planilha eletrônica. As demais informações foram obtidas na empresa através do Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC) e do sistema de gestão integrado - *Enterprise Resource Planning* (ERP).

A análise dos dados se classifica como quantitativa, pois se apresentam os números que corroboram com os objetivos gerais da pesquisa. Da mesma forma, a análise se classifica como qualitativa, pois os dados qualitativos obtidos através da pesquisa permitem compreender a complexidade e os detalhes da área de estudo.

Todos os dados e informações obtidos com a pesquisa foram organizados em uma única planilha eletrônica com o objetivo de relacioná-los entre si para obter novas informações, inicialmente desconhecidas, que permitirão tomar a melhor decisão quanto a viabilidade do investimento proposto.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

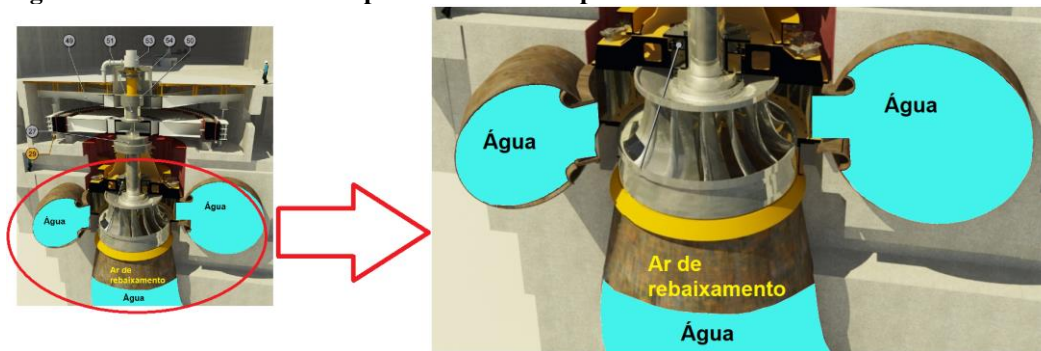
Para possibilitar o entendimento dos dados e resultados obtidos com a pesquisa é necessário conhecer as características e particularidades do processo de geração de energia elétrica. O fato de a usina fornecer um único produto (energia elétrica) não significa que há somente um processo de produção, pois além da energia ativa, as unidades geradoras produzem energia reativa e são capazes de variar algumas grandezas elétricas como tensão e potência. Todas as variáveis elétricas são monitoradas e registradas automaticamente por sistemas específicos. Os valores registrados geram dados que servem para análise do histórico de funcionamento para a equipe de operação e manutenção identificar falhas que eventualmente podem ocorrer. Alguns desses dados foram analisados e apresentados a seguir.

4.1. CARACTERÍSTICAS E FUNCIONAMENTO DO PROCESSO

Além de fornecer energia (potência ativa) para o sistema elétrico, os geradores são capazes de consumir e fornecer potência ativa e reativa. Para terem essas características, os grupos geradores foram projetados para operar como compensador síncrono e para isso estão equipados com um sistema de rebaixamento que permite através de ar comprimido a formação de um bolsão de ar, rebaixando o nível de água do tubo de sucção abaixo da cota inferior do rotor da turbina.

A Figura 3 ilustra a simulação do estado de uma unidade geradora como compensador síncrono. Percebe-se que a turbina fica isolada da água devido à presença de ar injetado pelo sistema de rebaixamento.

Figura 3 – Unidade Geradora operando como compensador síncrono.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Na condição como compensador síncrono, o ar de rebaixamento é necessário para evitar que a água dificulte a rotação da turbina e assim exigindo maiores esforços dos componentes e maior consumo de potência ativa, algo que é indesejável.

Na Figura 4 é mostrado alguns detalhes do sistema rebaixamento da usina em questão. Verifica-se a existência de acumuladores de ar, tubulações, válvulas e compressores. Este sistema tem a função de injetar ar comprimido na câmara do rotor da turbina para promover o rebaixamento do nível d'água do tubo de sucção, mantendo o rebaixamento durante o período em que a unidade estiver operando como compensador síncrono.

Figura 4 – Sistema de rebaixamento das Unidades Geradoras.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Os acumuladores de ar têm por objetivo armazenar ar suficiente para realizar o rebaixamento de uma unidade geradora. Este sistema é alimentado através de 3 compressores que trabalham na faixa nominal de 9 a 13 bar.

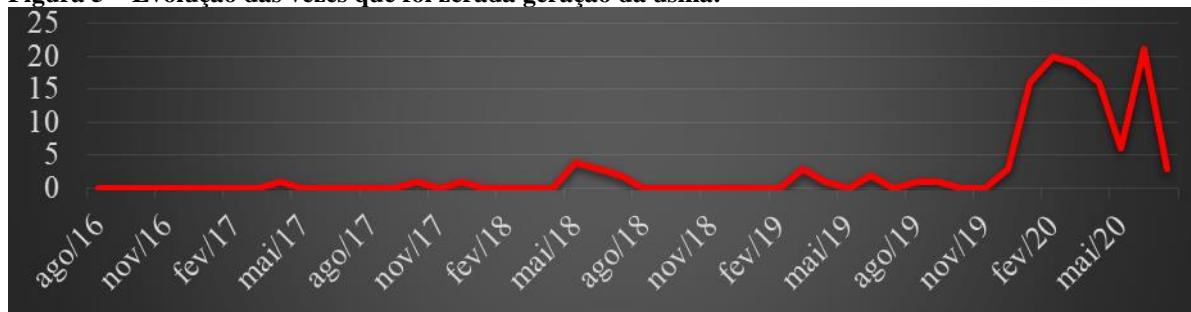
O início da operação de rebaixamento do nível de água no tubo de sucção de uma unidade geradora processa-se automaticamente através de uma série de comandos desencadeados pela transferência de operação de “gerador” para “compensador síncrono”, com supervisão e controle do SDSC da usina. Essa transferência somente é aceita se determinados pré-requisitos forem satisfeitos, como exemplo, pressão suficiente de ar de rebaixamento (acima de 12 bar).

4.2 ESTUDO DE DADOS OPERACIONAIS

Os dados da pesquisa foram coletados com o intuito de servirem de base para o estudo da possibilidade de todas as quatro unidades geradoras (UGs) da usina operar como compensador síncrono simultaneamente.

O sistema de rebaixamento instalado na usina foi projetado para suprir a capacidade de ar suficiente para operar somente três UGs ao mesmo tempo. Nesta condição estariam três unidades geradoras operando como compensador síncrono e uma operando como gerador fornecendo potência ativa. Entretanto, com as mudanças nas condições hidrológicas e sistêmicas do SIN verificou-se um aumento na necessidade de zerar a geração da usina. A Figura 5 mostra a evolução do número de vezes em que foi zerada a geração da usina no período de agosto de 2016 a julho de 2020.

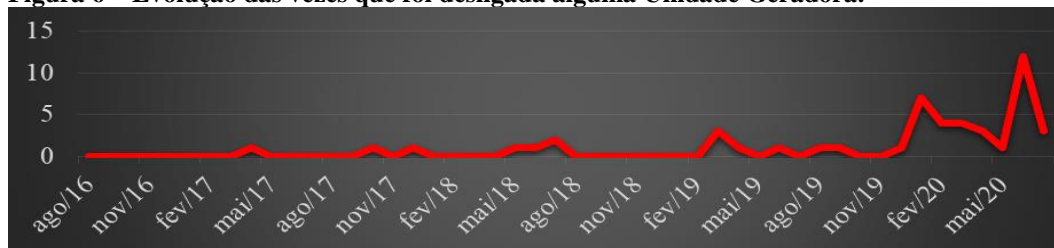
Figura 5 – Evolução das vezes que foi zerada geração da usina.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Toda vez que, por necessidade do sistema elétrico ou condições hidrológicas, for zerada a geração da usina é necessário que no mínimo uma UG seja desligada. Conforme aumenta a necessidade de zerar a geração da usina, também aumenta a quantidade de partidas e paradas das UGs. Verifica-se na Figura 6 que a quantidade de paradas de UG (em virtude de zerar geração) teve um aumento significativo nos últimos meses analisados.

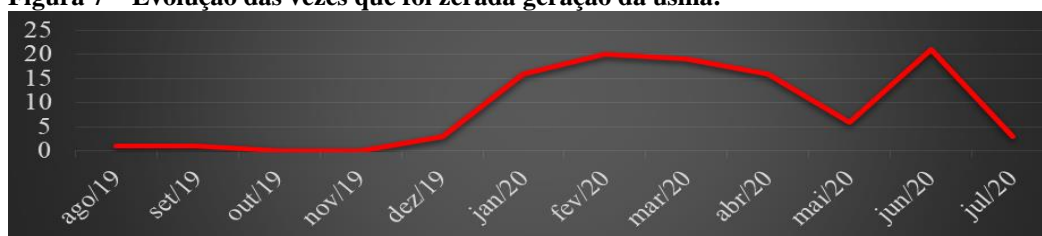
Figura 6 – Evolução das vezes que foi desligada alguma Unidade Geradora.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Para compreender melhor como evoluiu o número de vezes em que foi zerada a geração foram analisados os dados dos últimos 12 meses e apresentados no gráfico da Figura 7.

Figura 7 – Evolução das vezes que foi zerada geração da usina.



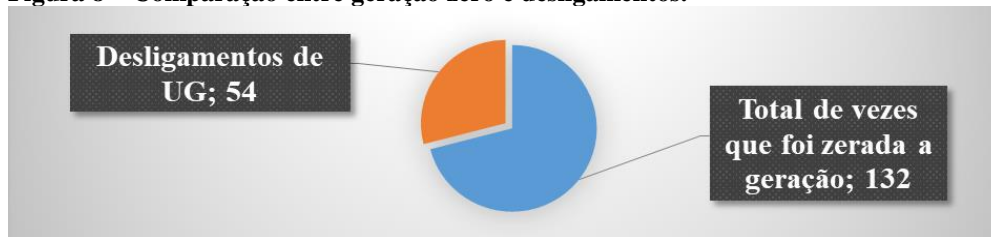
Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O fato de ligar e desligar uma unidade geradora irá implicar na redução da sua vida útil. De acordo com o estudo da engenharia da usina, estima-se que o desgaste causado a cada

partida de UG equivale a 10 horas de operação. Além do desgaste, há o aumento da possibilidade de haver alguma falha nos equipamentos auxiliares da UG no momento de sua partida ou parada. Essas falhas representam a diminuição da disponibilidade e um custo maior com manutenção das unidades geradoras e mão-de-obra.

O número de desligamentos de UGs diminuiria significativamente se a usina tivesse a capacidade de operar com os 4 geradores como compensador síncrono simultaneamente. A Figura 8 mostra que é significativa a proporção de desligamentos de UG relacionadas à geração zero. Do total de 132 vezes que a geração foi zerada nos últimos quatro anos, foram necessários 54 desligamentos.

Figura 8 – Comparação entre geração zero e desligamentos.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

É importante salientar que as vezes que não foi necessário desligamento já havia uma unidade geradora que foi desligada num momento anterior, ou seja, quando foi zerada e depois foi retornada a geração não houve o sincronismo deste grupo gerador, somente houve retorno de geração com a reversão de compensador síncrono para gerador. Nestes casos também ocorreram vezes em que uma UG permaneceu vários dias desligada, sendo que esta situação também é prejudicial para uma unidade geradora.

Diante do cenário hidrológico desfavorável em que não há a possibilidade de ter geração na usina, haverá uma UG desligada por um longo período. Sabe-se que há fatores prejudiciais em ter um equipamento desligado por muito tempo, como exemplo, a oxidação dos componentes internos e alteração das propriedades dos lubrificantes. Para evitar esses problemas relacionados é adotado o procedimento de partir a UG que está parada há mais de 10 dias para substituir outra que está ligada há mais tempo. Cabe salientar que este procedimento contribui para o aumento de partidas e paradas dos grupos geradores.

De acordo com as especificações técnicas, o sistema de rebaixamento foi dimensionado para permitir um máximo de 3 rebaixamentos, sendo 1 rebaixamento por vez. Nas especificações está descrito que o tempo necessário entre o primeiro e o segundo

rebaixamento seria de aproximadamente 45 minutos, enquanto que entre o segundo e o terceiro rebaixamento seria de aproximadamente 60 minutos. No Quadro 2 pode-se observar que os tempos entre conversões se diferem dos originalmente propostos (considerando a disponibilidade de 3 compressores).

Quadro 2 – Tempo médio (minutos) para reposição de ar de rebaixamento.

Quantidade de UGs operando como compensador síncrono	2 compressores disponíveis	3 compressores disponíveis
1 UG como compensador	39,15	28,5
2 UG como compensador	49,59	30,54
3 UG como compensador	59,41	33

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O Quadro 2 apresenta os tempos de reposição da pressão de ar para dar condições ao rebaixamento de uma próxima UG, ou seja, o tempo mínimo necessário para converter mais uma UG após uma conversão de gerador para compensador síncrono. Com os dados apresentados, percebe-se que quanto maior o número de UGs operando como compensador maior é o tempo necessário para restabelecer a pressão de ar de rebaixamento. Da mesma forma, verifica-se que o tempo para restabelecer a pressão está diretamente ligada a quantidade de compressores. Esse tempo de reposição de ar muitas vezes é questionado pelo ONS, pois o controle de frequência do SIN exige manobras de redução de geração que a usina não consegue atender.

Durante a fase de estudo e projeto para instalar o sistema de rebaixamento foi considerada a possibilidade de haver quatro compressores. Entretanto, como a empresa estava trabalhando com valores financeiros limitados pela ANEEL, então foi definida a instalação de três compressores. Além da limitação financeira, durante a fase de projeto, não havia a percepção da necessidade de operar simultaneamente quatro unidades geradoras como compensador síncrono, pois acreditava-se que seria muito baixa a frequência que seria zerada a geração.

Ao analisar o período dos últimos quatro anos constatou-se que a indisponibilidade de alguns dos compressores é significativa. O Quadro 3 mostra que todos os compressores estavam disponíveis somente 66% do período analisado, ou seja, praticamente 1/3 do tempo havia algum compressor com defeito e fora de operação. Essa indisponibilidade é causada pela necessidade de manutenção do equipamento, quando muitas vezes espera-se os fornecedores entregarem os componentes a serem substituídos.

Quadro 3 – Disponibilidade dos compressores no período.

Disponibilidade em 4 anos	2 Compressores	3 Compressores
Dias	503	977
Porcentagem	33,99%	66,01%

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Frequentemente o ONS solicita para converter uma UG sem ainda ter condições devido a pressão insuficiente de ar, ou seja, a usina não consegue atender a demanda de variação de geração solicitada pelo sistema elétrico. Esse ponto fica mais evidente quando o ONS solicita para desligar uma UG em períodos em que não é zerada a geração da usina, mas pelo simples fato de haver uma redução de carga do SIN e não haver condições de converter UG devido a pressão de ar insuficiente para a conversão.

Se considerarmos a disponibilidade ilustrada no Quadro 3, então a operação da usina estaria 1/3 do tempo sujeita a situações de não atender a demanda do sistema quanto à redução dos valores de geração. Estando assim sujeita a ter que desligar alguma UG, sendo que poderia ser evitado este fato se houvesse uma maior capacidade de repor a pressão do ar de rebaixamento.

Além de muitas vezes não atender a demanda de variação de carga, também verificou-se com a sala de controle que há vezes que o ONS solicita a redução de tensão das UG para valores abaixo do mínimo operacional. Neste caso a capacidade de converter 4 UGs traria para o SIN mais recursos para o controle de tensão, melhorando ainda mais a qualidade da energia do sistema elétrico.

4.3 CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

Para possibilitar o estudo de viabilidade de investimento é necessário ter a informação de custos que a empresa terá com a aquisição de um novo equipamento. Diante disso, foi realizado o orçamento para compra de um compressor com as mesmas especificações técnicas dos já existentes. O valor de aquisição de um novo compressor é de R\$185.000,00. A Figura 9 ilustra o modelo de compressor orçado.

Figura 9 – Compressor do sistema de ar de rebaixamento.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Além do valor investido na aquisição, foram estimados os custos que a empresa terá com a manutenção do compressor. Baseado no histórico de custo geral dos últimos dois anos chega-se ao valor de R\$2.415,51 reais anuais com a manutenção do equipamento, o que melhora sua vida útil.

4.3.1 Análise dos Custos-Benefícios

A melhoria proposta neste estudo é a mudança no processo produtivo para a usina ter a capacidade de operar com todas as unidades geradoras como compensador síncrono. Esta capacidade operativa somente será possível se houver 4 compressores de ar de rebaixamento.

Até o momento já foram apresentadas informações operacionais que evidenciam a necessidade de uma maior capacidade de reposição de ar de rebaixamento, ou seja, condições do processo de produção que justificam a sua melhoria através da aquisição de mais um compressor de ar. Resumidamente, com a mudança no processo operacional, será possível obter as vantagens descritas no Quadro 4.

Quadro 4 – Relação Custos/Benefícios do investimento.

CUSTOS	BENEFÍCIOS
Investimento inicial (R\$ 185.000,00);	Faturamento maior com prestação de Serviços Ancilares ao operar como compensador síncrono (R\$ 135.971,89 anualmente);
Maior custo anual de manutenção ¹ (R\$ 2.415,51);	Aumento de vida útil das unidades geradoras (menos partidas e paradas de UG = menor desgaste);
Maior consumo de energia elétrica ² .	Aumento da disponibilidade de UG (redução da taxa de falhas);
	Melhor atendimento das necessidades do sistema elétrico (menor tempo entre conversões).

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

¹Os custos com mão-de-obra não estão inclusos devido a impossibilidade de acesso a informação de salários e horas de trabalho em função dos compressores.

²Os valores de custos de energia não foram estimados devido ao fato da usina gerar sua própria energia. Além disso, o consumo de energia elétrica de um compressor está em torno de 1% do consumo dos equipamentos da usina.

4.4 PAYBACK – RETORNO DO INVESTIMENTO

Para estimar o retorno do investimento é necessário ter uma previsão do faturamento que a empresa terá a mais em virtude da aquisição do equipamento para seu processo produtivo. O valor maior a ser faturado foi estimado com base em quanta energia reativa a usina deixou de produzir por causa dos desligamentos das unidades geradoras. Essa quantidade de energia reativa foi multiplicada pelo seu preço de venda no período e assim obteve-se o valor que a usina deixou de faturar. A Tabela 1 fornece a estimativa dos valores que a usina deixou de receber no período compreendido entre agosto de 2016 a julho de 2020.

Tabela 1 – Valores que deixaram de ser faturados.

Ano	Tempo de UG parada (Horas)	Reativo que deixou de gerar (MVARh)	Preço da energia reativa (Reais/MVARh)	Valor que deixou de faturar (Reais)
2016	114:03:00	1624,23656	6,19	10054,02
2017	182:28:00	2397,207675	6,71	16085,26
2018	173:36:00	2224,364339	6,88	15303,63
2019	101:24:00	1243,236368	7,19	8938,87
2020	2377:48:00	35541,20372	7,4	263004,91
Total:	2949:19:00	38178,21042		271.943,78
Média dos 4 anos	589:51:48	8606,049733		62.677,34
Média dos 2 últimos anos	1239:36:00	18392,22005		R\$ 135.971,89

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

O valor de R\$135.971,89, fornecido na Tabela 1, foi utilizado para prever o faturamento maior para os próximos anos em virtude da operação de uma quarta UG operando como compensador síncrono. Esse faturamento maior foi utilizado no cálculo do tempo do retorno de investimento exibido na Tabela 2 do *Payback*.

Tabela 2 – Payback.

Fluxo de caixa				
Período (Anos)	Investimento (Reais)	Entradas estimadas (Reais)	Saídas (Reais)	Saldo (Reais)
0	185.000,00			-185.000,00

1		135.971,89	20.915,51	-69.943,62
2		135.971,89	20.915,51	45.112,76
Retorno do investimento ocorrerá em:			Anos	1
			Meses	7
			Dias	9

Fonte: Dados da pesquisa (2020).

Ao observar a Tabela 1, verifica-se que os valores referentes ao ano de 2020 são muito mais elevados se comparados com os anos anteriores. Se fosse considerado somente este ano já seria possível ter o retorno do investimento. Essa diferença apresenta-se pelo fato de 2020 ser um ano com uma menor incidência de chuvas na bacia hidrográfica da usina que a média anual. Devido a essa diferença foram considerados os valores do ano de 2019 para obter uma média a ser considerada no cálculo do *Payback*, Tabela 2.

O cálculo para estimar o custo anual (saídas), na Tabela 2, foi baseado no histórico de manutenção dos compressores já existentes. Foram considerados os custos de reposição de peças e componentes para as manutenções corretiva e preventiva alcançando o valor de R\$2.415,51 reais por ano. Além do custo de manutenção, foi incluído no cálculo a depreciação do equipamento que considerou o valor de aquisição do compressor e a sua vida útil estimada em 10 anos, ou seja, foi estimada uma desvalorização de R\$18.500,00 reais a cada ano. Somando os custos de manutenção e a desvalorização do equipamento chega-se ao valor de R\$20.915,51 reais.

Além dos benefícios apresentados até o momento, constata-se que haverá retorno financeiro com o investimento. Considerando as estimativas de um faturamento maior e o custo anual, no cálculo do *Payback*, verifica-se que o valor investido pela empresa retornará em 1 ano 7 meses e 9 dias.

Valores mais baixos de chuva refletem uma afluência menor de água para o reservatório da usina e conseqüentemente a capacidade de geração de energia é reduzida. A capacidade de ter as UGs operando como compensador síncrono se torna mais importante em épocas de baixas vazões afluentes, pois assim a usina terá condições de fornecer potência reativa para o sistema elétrico e assim contribuindo para a qualidade da energia elétrica para os consumidores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo de campo possibilita compreender a necessidade de melhorias no processo de produção, para se adequar às mudanças de condições do ambiente, como é o exemplo, de alteração nas condições hidrológicas que afetam o processo de produção de energia em uma usina hidrelétrica.

Quando se percebe a necessidade de mudança para se adequar a novas condições de produção, é necessário verificar todas as variáveis que influenciam a mudança. Neste caso, haverá maior custo com manutenção com a aquisição de um equipamento a mais, entretanto, haverá no longo prazo uma redução com a manutenção das unidades geradoras devido a menor frequência de desligamentos de UG.

Além do aumento da vida útil dos componentes das unidades geradoras, a empresa terá um faturamento maior com prestação de serviços ancilares (compensador síncrono), pois ao invés de desligar um grupo gerador em situações de geração igual a zero, poderá estar fornecendo energia reativa para o sistema elétrico. Nessas situações a usina também estará contribuindo para um melhor atendimento das necessidades do sistema elétrico, ou seja, a melhora da qualidade da energia entregue aos consumidores.

Além de elencar as vantagens de realizar alterações de processo, é importante ter conhecimento de quanto tempo levará para a empresa ter o retorno financeiro com investimento, ou seja, saber qual será a viabilidade econômica ao adquirir uma máquina ou equipamento para implementar o processo produtivo. Esse retorno financeiro foi estimado com o cálculo do *Payback*, no qual mostrou que em 1 ano 7 meses e 9 dias a usina terá recuperado o valor investido.

No desenvolvimento deste trabalho observou-se o quanto é importante ter acesso a informações que auxiliam no processo de tomada de decisão. Normalmente essas informações necessárias estão em forma de “dados brutos”, sem relação entre eles e disponíveis em sistemas ou plataformas distintas. Diante do exposto, verifica-se uma oportunidade de continuar o estudo, ou seja, pode-se analisar a possibilidade de criar um sistema único que disponibilize os dados organizados e que possam ser analisadas as suas relações entre si, como exemplo, dados de geração de energia combinados com dados de alteração de estado operativo de unidades geradoras.

REFERÊNCIAS

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil - 2ª** Edição. Disponível em:
http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2005_AtlasEnergiaEletricaBrasil2ed/06b7ec52-e2de-48e7-f8be-1a39c785fc8b. Acesso em: 08 set 2020.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil - 3ª** Edição. Disponível em:
http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb. Acesso em: 18 set 2020.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 697, DE 16 DE DEZEMBRO DE 2015**. Disponível em:
<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015697.pdf>. Acesso em: 07 set 2020.
- BATALHA, Mário Otávio. O. **Introdução à Engenharia de Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- BAZOLI, Thiago Nunes. **Administração orçamentária**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- CHAVES, Francisco David Moya. **Serviços ancilares através da geração distribuída: reserva de potência ativa e suporte de reativos**. Disponível em:
http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/263814/1/MoyaChaves_FranciscoDavid_D.pdf. Acesso em: 20 set 2020.
- DUTRA, Joisa; MAIA, Fernando César. **Redes Elétricas Inteligentes no Brasil**. Rio de Janeiro: Synergia, 2013.
- GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de Pesquisa**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em: 10 out 2020.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.
- ITAIPU BINACIONAL. **Energia Hidráulica**. Disponível em:
<https://www.itaipu.gov.br/energia/energia-hidraulica>. Acesso em: 18 set 2020.
- KRAJEWSKI, Lee J.. **Administração de Produção e Operações**. São Paulo : Pearson Prentice Hall, 2009.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2003.
- MARQUES, Claudiomiro José; SILVA, Luiz Fernando Soares; TARIFA, Marcelo Resquetti. **Introdução à contabilidade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas, 1989.

NBR ISO 9000. **Sistemas de gestão da qualidade**: Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000.

NOGUEIRA, Daniel Ramos. **Contabilidade de custos**. São Paulo: Pearson, 2009.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Arranjos Comerciais Para os Serviços**. Disponível em:

<http://www.ons.org.br/%2FProcedimentosDeRede%2FM%C3%B3dulo%2014%2FSubm%C3%B3dulo%2014.2%2FSubm%C3%B3dulo%2014.2%202019.08.pdf>. Acesso em: 20 set 2020.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Submódulo 20.1**:- Glossário de termos técnicos. Disponível em:

http://www.ons.org.br/%2FProcedimentosDeRede%2FM%C3%B3dulo%2020%2FSubm%C3%B3dulo%2020.1%2FSubm%C3%B3dulo%2020.1_Rev_0.1.pdf. Acesso em: 01 set 2020.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Sobre o ONS**: O que é o ONS. Disponível em: <http://www.ons.org.br/>; <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/o-que-e-ons>. Acesso em: 08 set 2020.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Sobre o ONS**: Procedimentos de Rede. disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/o-que-sao>. Acesso em: 08 set 2020.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba: Unicen. Curitiba: UnicenP, 2007.

RIBEIRO, Celso Ricardo. **Processo de Implementação da Manutenção Produtiva Total (T.P.M.) da Indústria Brasileira**. Disponível em:

http://www.ppga.com.br/mba/2003/gpt/ribeiro-celso_ricardo.pdf. Acesso em: 23 set 2020.

SANTOS, Joenice Leandro Diniz dos. **Administração financeira**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

SLACK, Nigel. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1999.