



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

GABRIEL CASTRO MARINHO

**ANÁLISE DE QUALIDADE E FALHAS EM PROJETOS DE USINAS
FOTOVOLTAICAS – ESTUDO DE CASO**

FORTALEZA
2023

GABRIEL CASTRO MARINHO

ANÁLISE DE QUALIDADE E FALHAS EM PROJETOS DE USINAS FOTOVOLTAICAS
– ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Daher

FORTALEZA
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M29a Marinho, Gabriel Castro.
Análise de qualidade e falhas em projetos de usinas fotovoltaicas : estudo de caso / Gabriel Castro
Marinho. – 2023.
84 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Sérgio Daher.

1. Geração solar. 2. Projetos elétricos. 3. Registros de falhas. I. Título.

CDD 621.3

GABRIEL CASTRO MARINHO

ANÁLISE DE QUALIDADE E FALHAS EM PROJETOS DE USINAS FOTOVOLTAICAS
– ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Daher

Aprovada em: 12/07/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sérgio Daher (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Gladson Renato Queiroz Vidal
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, Cláudia e Flávio

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Cláudia e Flávio, que sempre apoiaram e confiaram nas minhas decisões. Que me deram todo o auxílio e oportunidades para que eu nunca desistisse dos meus sonhos.

Agradeço a minha irmã, Daniele, que sempre compartilhou da minha rotina e me ajudou nos períodos de excesso de autocobrança.

Ao meu avô, Antônio, que apesar de não ter tido oportunidade de escolaridade, fez disso uma prioridade para seus filhos. Que sempre me falava que o estudo é amargo, mas o fruto é doce.

Aos meus amigos Alexandre, Fernando, Herneldes e Pedro, que tornaram meus dias mais leves e que estiveram sempre comigo, nos momentos difíceis e nos momentos alegres.

Aos membros da Turma do Bairro, que me acolheram, me acompanharam e aos quais pude buscar em tempos em que parecia que eu não havia energia.

Aos meus parceiros de jornada, Allam e Vicente, que tornaram os obstáculos da graduação menos difíceis, e que fizeram com que a jornada acadêmica fosse memorável.

Ao professor Sérgio Daher, que se disponibilizou a me orientar não apenas neste trabalho, mas também no projeto Embrapii e em disciplinas da faculdade, sempre com bastante paciência e disponibilidade.

Ao Gladson, por além de ser inspiração nos meus dias de Empresa Júnior, aceitou o convite e com a experiência e entendimento, colaborou na avaliação deste trabalho.

Ao professor Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho, membro da banca, pelas sugestões de melhorias e solite.

A amiga Camily, que me ajudou na formatação deste trabalho para que o mesmo ficasse de acordo com todas as regras e normas aplicáveis.

A todos os profissionais e professores que colaboraram para o meu aprendizado durante essa etapa, cada um teve um papel muito importante na pessoa que sou hoje.

A empresa que cedeu os dados, aos quais não seria possível realizar o estudo deste trabalho.

“É preciso ter um caos dentro de si
para dar à luz uma estrela
cintilante.”

Friedrich Nietzsche.

RESUMO

Com a constante busca por alternativas sustentáveis da fonte energética, a FV tem ganhado importância no cenário brasileiro. No entanto, ainda são grandes os desafios para que se tenha a facilidade na construção de suas instalações. No contexto dos projetos elétricos voltados para a construção de usinas solares de minigeração, se faz necessário entender quais são os principais desafios e quais as soluções para a melhoria e correção de seus processos. Dessa forma, através de estudo de caso de uma empresa localizada no estado do Rio de Janeiro, identificou-se quais as maiores dificuldades encontradas para a realização de projetos e documentos. Através dos registros de dados, todos os envios foram categorizados com base em suas características de dificuldade, prioridade e competências de responsabilidade. Além disso, através de sua análise, foi possível extrair informações de falhas, tais como erros de cálculos e especificações de equipamentos. Ademais, também foram registradas melhorias necessárias nas documentações, além de traçar um comparativo entre projetos, empresas projetistas e usinas. Com isso, foram sugeridas melhorias para cada caso em específico, auxiliando na prevenção de acidentes em obra, atraso na entrega das instalações e prejuízos financeiros para a empresa estudada.

Palavras-chave: geração solar, projetos elétricos, registros de falhas.

ABSTRACT

With the constant search for sustainable alternatives of the energy source, photovoltaic solar generation has gained importance in the Brazilian scenario. However, there are still great challenges to have the ease in the construction of your facilities. In the context of electrical projects aimed at the construction of Minigeration solar power plants, it is necessary to understand what are the main challenges and what are the solutions for the improvement and correction of their processes. Thus, through a case study of a photovoltaic plant located in the state of Rio de Janeiro, the objective was to understand the greatest difficulties found for its realization in relation to projects and documents. Through the data records, all submissions were categorized based on their difficulty characteristics, priority and responsibility. In addition, through its analysis, it was possible to extract information from failures or improvements necessary in the documentation, and draw a comparison between projects, design companies and plants. With this, an action plan was carried out for each specific case, assisting in the prevention of accidents on site, delay in delivery of facilities and financial losses to the company studied.

Keywords: Solar generation, electrical projects, records of failures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cenários de potência global – 2021 a 2025	22
Figura 2 - Rendimento energético no Brasil	23
Figura 3 - Distribuição de potência instalada no Brasil	25
Figura 4 - Geração distribuída no Brasil	25
Figura 5 - Tipos de painéis solares	28
Figura 6 - Formas de reflexão solar em painéis fotovoltaicos	29
Figura 7 - Aplicação de painéis fotovoltaicos bifaciais	29
Figura 8 - Irradiação solar no modelo CPV	30
Figura 9 - Pannel solar CPV	30
Figura 10 - Telhas solares	31
Figura 11 - Funcionamento de mesa com tracker	37
Figura 12 - Modelo de terreno para instalação de usina solar	39
Figura 13 - Plataforma PVsyst	40
Figura 14 - Controle de projetos na plataforma construmanager	46
Figura 15 - Histórico de mudanças do construmanager	47
Figura 16 - Comentários realizados no construmanager	48
Figura 17 - Comentários realizados para anexo de markeup	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Distribuição da geração distribuída no Brasil	26
Gráfico 2 - Número de documentos analisados por fase.....	58
Gráfico 3 - Número de comentários por documento.....	58
Gráfico 4 - Nível de comentário por documento	59
Gráfico 5 - Número de revisões por documento.....	60
Gráfico 6 - Média de tempo de análise (dias) por documentos.....	61
Gráfico 7 - Média de tempo para revisão (dias) por documentos	62
Gráfico 8 - Tempo de revisão (dias) por documento de usina	62
Gráfico 9 - Número de documentos listados por tipo de projeto.....	63
Gráfico 10 - Número de documentos analisados por tipo de projeto	64
Gráfico 11 – Número de comentários por tipo de comentário.....	64
Gráfico 12 - Número de comentários por categoria	65
Gráfico 13 - Número de usinas ativas por projetista.....	66
Gráfico 14 - Número de usinas canceladas por projetista	66
Gráfico 15 - Número de documentos liberados por projetista	67
Gráfico 16 - Número de revisões por projetista.....	68
Gráfico 17 - Número de revisões recorrentes por projetista	68
Gráfico 18 - Taxa de reincidência por projetista.....	69
Gráfico 19 - Média de tempo para revisão (dias) por projetista	70
Gráfico 20 - Média de tempo de análise (dias) por projetista	70
Gráfico 21 - Número de comentários realizados em projeto de diagrama unifilar básico da projetista um	71
Gráfico 22 - Número de comentários realizados em projeto de diagrama unifilar básico da projetista dois.....	72
Gráfico 23 - Número de documentos liberados por usina	73
Gráfico 24 - Número de revisões por usina.....	74
Gráfico 25 - Número de revisões recorrentes por usina.....	74
Gráfico 26 - Taxa de reincidência por usina	75
Gráfico 27 - Média de tempo para revisão (dias) por usina.....	76
Gráfico 28 - Média de tempo de análise (dias) por usina	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações sobre tipos de painéis solares	28
Tabela 2 - Exemplo de registro de projetista e usina	51
Tabela 3 - Registro de documento, código, revisão, extensão e nome do arquivo.....	51
Tabela 4 - Exemplo de registro de nome do arquivo, data de upload e data de último status	51
Tabela 5 - Exemplo de registro de nome do arquivo e status construmanager.....	52
Tabela 6 - Exemplo de registro de documento, nome do arquivo e fase.....	53
Tabela 7 - Exemplo de registro de documento, comentário e nível.....	54
Tabela 8 - Exemplo de registro de documento, tipo de comentário, categoria e tipo de projeto	56
Tabela 9 - Exemplo de registro de documentação	56
Tabela 10 - Informações de documentos.....	57
Tabela 11 - Andamento de projetos por projetista	67
Tabela 13 - Resumo dos resultados (documentos)	78
Tabela 14 - Resumo dos resultados (projetistas)	79
Tabela 15 - Resumo dos resultados (usinas)	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Controles de lista mestra	47
Quadro 2 - Categorias utilizadas para registros de documentos	49
Quadro 3 - Usinas do estudo.....	50
Quadro 4 - Categorias utilizadas para registros de documentos	54
Quadro 5 - Informações de andamento de projetos	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
AVT	Avaliação de Viabilidade Técnica
BTS	Build To Suit
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
CPV	Concentrator fotovoltaics
EPE	Empresa de Pesquisas Energéticas
ESG	Environmental, Social and Governance
FV	Fotovoltaica
GW	Gigawatt
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ISO	International Organization for Standardization
O&M	Operação e Manutenção
MW	Megawatt
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
UC	Unidade Consumidora
W	Watt

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1 Contextualização	17
1.2 Justificativa	18
1.3 Objetivos	19
<i>1.3.1 Objetivo geral</i>	<i>19</i>
<i>1.3.2 Objetivo específico</i>	<i>19</i>
1.4 Metodologia	19
1.5 Estrutura do trabalho	20
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 Descoberta da energia solar	21
2.2 Energia solar no Brasil	22
<i>2.2.1 Potencial energético</i>	<i>22</i>
<i>2.2.2 Histórico de crescimento no Brasil</i>	<i>24</i>
2.3 Tecnologias atuais	27
<i>2.3.1 Módulos fotovoltaicos</i>	<i>27</i>
<i>2.3.2 Inversores</i>	<i>31</i>
2.4 Aplicações	32
<i>2.4.1 Residencial</i>	<i>32</i>
<i>2.4.2 Empresas</i>	<i>32</i>
<i>2.4.3 Indústrias</i>	<i>33</i>
<i>2.4.4 Fazendas</i>	<i>33</i>
2.5 Modelos de negócios	33
<i>2.5.1 Integração</i>	<i>33</i>
<i>2.5.2 Locação ou arrendamento</i>	<i>34</i>
<i>2.5.3 Leasing</i>	<i>34</i>
<i>2.5.4 Galpão Build To Suit – BTS</i>	<i>34</i>
2.6 Erros e inconformidades em obras	35
3. DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO FOTOVOLTAICO	36
3.1 Características Básicas da Usina	36

3.2 Equipamentos Base	37
3.3 Terreno	38
3.4 Estudos do Terreno	39
3.5 Simulações	40
3.6 Distribuidoras.....	40
3.7 Projetos Básicos e Parecer de Acesso	41
3.8 Projetos Executivos.....	42
3.8.1 Projetos provisórios - Canteiros de Obra	42
3.8.2 Projetos Fixos – Usina	42
3.9 Construção	44
3.10 Comissionamento.....	44
3.11 Operação e Manutenção.....	45
4. METODOLOGIA APLICADA.....	46
4.1 Construmanager.....	46
4.1.1 Controle de revisões.....	46
4.2 Classificação e categorização.....	49
4.2.1 Projetista e usinas.....	49
4.2.2 Documento, código, revisão, extensão e nome do arquivo.....	51
4.2.3 Data de upload e data de último status	51
4.2.4 Status construmanager.....	52
4.2.5 Fase	52
4.2.6 Comentário e nível.....	53
4.2.7 Tipo de comentário, categoria e tipo de projeto.....	54
5. RESULTADOS.....	57
5.1 Documentos.....	57
5.2 Categorias de Projetos.....	63
5.3 Comentários.....	64
5.4 Projetista	66
5.5 Usinas	72
5.6 Resumo dos resultados.....	77

6. CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A procura por fontes energéticas renováveis é um dos temas de discussão e investimentos na atualidade. A utilização de recursos de forma inteligente, é fundamental para a permanência da sustentabilidade do planeta, dos avanços tecnológicos e crescimento econômico e social de uma região.

A manutenção da situação atual não é possível por uma série de razões. As principais são: 1) os limites nas reservas disponíveis; e 2) os impactos ambientais, principalmente os das mudanças climáticas. Fora isso, os países defrontam-se com desafios, como por exemplo: 3) conflitos regionais, como disputas pelo petróleo e uso da tecnologia nuclear para fins não-pacíficos; e 4) pressões na dívida externa dos países em desenvolvimento, que precisam importar derivados de petróleo (GOLDEMBERG, 2007).

Dada as demandas energéticas no Brasil, junto à redução dos custos e as diversas formas de aplicação da produção FV na matriz energética brasileira, esse mercado teve um grande crescimento nos últimos anos. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, publicado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2017, p. 57), é possível gerar mais eletricidade no local menos ensolarado do Brasil do que no local mais ensolarado da Alemanha, país que é referência na utilização de energia solar. Além disso, com base nos dados do relatório anual desenvolvido pelo Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2023, p. 17) e divulgado em 2022, entre os anos de 2020 e 2021, a produção energética, tendo como fonte a energia solar, teve aumento de 55.9%. Esse dado demonstra que mesmo com o percentual de apenas 2,5% de toda a matriz energética brasileira, a fonte solar FV é a que apresenta maior crescimento, quando comparada a eólica (26,7%), biogás (20,9%) e biomassa (18,3%).

Esse crescimento traz inovações, renda e oportunidades para pessoas e empresas que atuam no setor. Com diversos desafios para serem superados, a construções de novas usinas trazem adversidades em todas as suas etapas, desde o planejamento, até a construção e operação das plantas. Como se trata de uma fonte renovável com fundamentações e aplicações relativamente novas no mercado brasileiro, o desenvolvimento de novas tecnologias e os estudos sobre os processos estão facilitando o seu progresso.

Segundo Crosby, qualidade pode ser definida como a execução correta e sem falha dos processos, evitando assim, desperdício de recursos e tempo em retrabalho. Assim sendo, na realização de qualquer projeto, inclusive na construção de usinas fotovoltaicas, é necessário planejamento, organização e análise das ideias inicialmente propostas. A elaboração de um projeto é não apenas obrigatória para a construção dessas usinas, mas essencial para o acompanhamento em todas as etapas de sua execução. A correta utilização dos projetos pode trazer impactos positivos em diversos setores, tais como administrativos, financeiros, jurídicos e técnicos. Já a sua não utilização poderá acarretar no insucesso da empreitada. (ROYER, 2001)

1.2 Justificativa

No tocante ao ciclo de vida de empreendimentos, a etapa de projeto é, muitas vezes, a de maior influência no capital a ser investido no empreendimento em sua totalidade, e na qualidade de operação. Nesse sentido, é a etapa chave para a definição de diversas diretrizes e premissas que irão impactar diretamente em todas as etapas subsequentes da operação do empreendimento (MEDEIROS, 2017).

Em uma instituição do setor FV localizado no estado do Rio de Janeiro, existem diversos impactos ocasionados pela qualidade dos projetos na construção de novas usinas. Com a contratação de empresas terceirizadas para realização desses trabalhos, é enviado um grande volume de projetos e documentações. Esses projetos precisam ser analisados e liberados pela empresa contratante. No entanto, são identificadas diversas mudanças necessárias nas documentações emitidas. Isso acontece devido a falhas e melhorias encontradas nos aspectos técnico e burocrático.

Dessa forma, foi realizado um estudo a respeito de todas as documentações, a fim de encontrar onde estão os maiores gargalos para liberação dos projetos, quais as maiores dificuldades encontradas e qual o desempenho das empresas envolvidas. Com a análise dos dados de documentações, é possível melhorar os indicadores internos da empresa, tais como qualidade, desempenho e viabilidade.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Analisar as falhas encontradas em projetos de usinas FV e indicar melhorias com foco na otimização da construção, operação e manutenção.

1.3.2 Objetivo específico

1. Identificar quais os tipos de falhas são mais recorrentes entre os projetos.
2. Identificar quais tipos de projetos mais geram recorrências de revisões.
3. Identificar eficiência das empresas na entrega de projetos.

1.4 Metodologia

Foram utilizadas informações coletadas de uma empresa de energia FV localizada no estado do Rio de Janeiro. Neste projeto, existem em foco 43 usinas diferentes, localizadas em diferentes regiões do Brasil. Para a confecção desses projetos, foram contratadas três empresas diferentes, cada uma responsável por certa quantidade de usinas.

Os projetos desenvolvidos pelas empresas terceiras passam por uma avaliação da contratante, que por sua vez, pode aprová-los ou recusá-los. Em caso de recusa, os motivos são armazenados em um banco de dados. Neste data-base também se encontram parâmetros referentes a eficiência, produtividade da empresa, número de envios reincidentes e a categoria de cada projeto.

Utilizou-se da linguagem Python para análise de dados, com a coleta e tratamento, adquiridos por web scraping. Os dados foram apanhados de forma automática da plataforma Construmanager com a utilização das bibliotecas Selenium e Pandas, através da ferramenta online de programação Google Colab. Para o armazenamento, foi utilizado a ferramenta Excel. Ademais, para apresentação e filtragem dos resultados, utilizou-se do software Power BI.

1.5 Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo, estão apresentadas contextualização do tema, justificativa, objetivos gerais e específicos do presente trabalho. Além disso, também foram citados os programas utilizados para a sua confecção.

No capítulo dois, encontra-se o histórico e crescimento da energia solar, tanto no mundo quanto no Brasil. Também se encontra detalhado como funciona o mercado de energia fotovoltaica atualmente, em que categorias está inserida e quais os modelos de negócios.

No capítulo três, será demonstrado quais as etapas para o desenvolvimento de um projeto fotovoltaico, quais as etapas envolvidas desde o planejamento até a construção e operação, os desafios encontrados.

No capítulo quatro, serão entendidos os dados que foram registrados, as plataformas utilizadas para o estudo, os parâmetros fornecidos para análise tanto diretamente quanto indiretamente através das investigações realizadas.

No capítulo cinco, são apresentados os resultados encontrados com os estudos com base nos dados coletados. Com isso, existem informações a respeito dos projetos que apresentaram maiores facilidades e dificuldades, qual empresa foi mais eficiente, em que etapas dos projetos estão os maiores desafios.

Por último, no capítulo seis, são apresentadas as considerações finais, o que inclui um resumo dos resultados encontrados, as conclusões retiradas do estudo, melhorias e sugestões para possíveis aprimoramentos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Descoberta da energia solar

Em 1839, com a descoberta de que a energia proveniente do sol poderia ser convertida em energia elétrica por Alexandre Edmond Becquerel, deu-se início ao estudo do efeito fotovoltaico. No entanto, somente em 1954, com a criação da primeira célula FV por Russell Shoemaker Ohl, existiram os primeiros passos do desenvolvimento como é conhecido atualmente (LEWIS FRAAS, 2014).

A partir da descoberta de Calvin Fuller sobre a dopagem do silício, foi descoberto que através de processos químicos seria possível gerar corrente contínua. No seu início, a eficiência das placas trabalhadas era de apenas 1% da energia coletada pelo sol. (LEWIS FRAAS, 2014)

Com o modelo da primeira célula fotovoltaica desenvolvido, iniciou-se estudos para aplicações práticas da nova tecnologia energética. Em 1958, um painel de 1 watt foi disposto no satélite Vanguard I, alimentando um rádio transmissor. Após isso, deu-se início às aplicações para usos residenciais, empresariais e de mobilidade. No entanto, por se tratar de um produto novo e inacessível, tinha custo bastante elevado e não era viável economicamente (cerca de US\$300/watt). (LEWIS FRAAS, 2014)

Durante seu desenvolvimento, a energia solar caminhou a passos curtos, visto os baixos preços dos combustíveis fósseis e das energias não renováveis. Além disso, por falta de informação sobre o impacto negativo do efeito estufa, também não se tratava com urgência a questão de mudança da matriz energética.

Somente nos anos 70, com a crise do petróleo, houve novamente um destaque maior para o desenvolvimento da energia solar. Durante esse período, a energia solar era utilizada aquecimento de casas, água e eletricidade. Seu custo, nesse momento, era de US\$100/watt. (LUKE RICHARDSON, 2022)

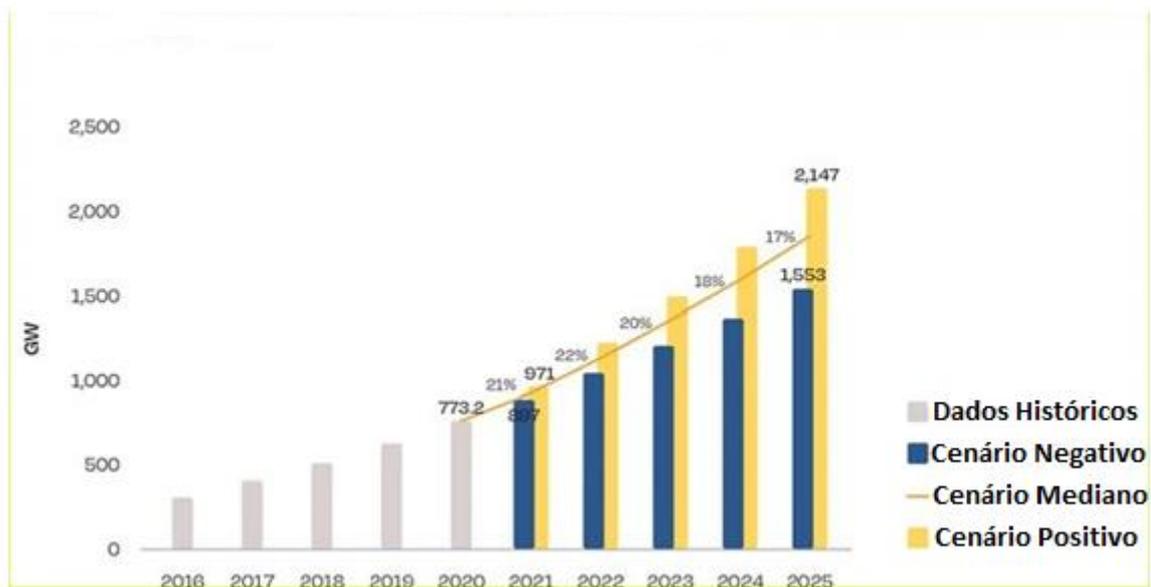
Nos anos 2000, com o avanço tecnológico e com a demanda de energia, foram implementados os primeiros sistemas conectados à rede. Com isso, houve um grande crescimento na potência instalada, que subiu para cerca de 1,2 GWp. (PEREIRA et al., 2014)

Atualmente, para fins residenciais e empresariais, existem módulos com eficiência média de 20%. Além disso, seu custo pode chegar a apenas US\$0,50/watt, o que torna a sua

aquisição bem mais viável economicamente. (LUKE RICHARDSON, 2022)

Segundo perspectivas dadas pela Balkan Green Energy News, em 2025 haverá uma estimativa de potência instalada globalmente de aproximadamente 200 GW, como observa-se na **Figura 1**.

Figura 1 - Cenários de potência global – 2021 a 2025



Fonte: <https://balkangreenenergynews.com/global-solar-power-to-cross-200-gw-annual-installation-threshold-in-2022/> [adaptado]

2.2 Energia solar no Brasil

2.2.1 Potencial energético

De acordo com a **Figura 2**, é possível verificar que o país apresenta altos índices de rendimento energético anual em grande parte do seu território. Esse parâmetro é modificado durante as estações e períodos do ano e apresenta valores máximos de geração nas regiões sul e sudeste entre os meses de dezembro à março. Esse comportamento coincide com o período de maior demanda energética nas mesmas regiões, o que ajuda a reduzir os picos de demanda do Sistema Interligado Nacional.

Figura 2 - Rendimento energético no Brasil

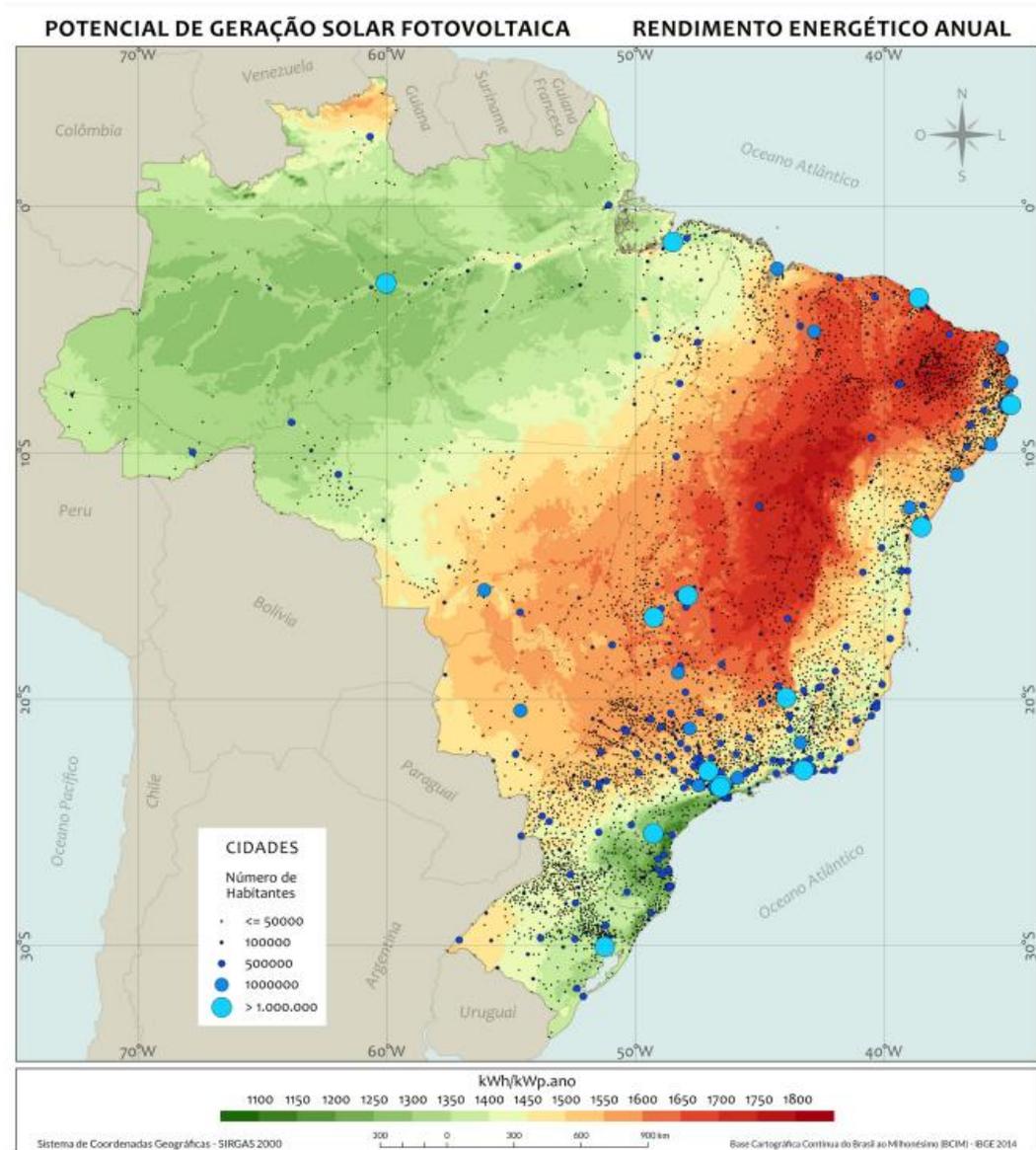


Figura 52. Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil (medido em kWh/kWp.ano no perfil de cores), admitindo uma taxa de desempenho de 80% para geradores fotovoltaicos fixos e distribuição da população brasileira nas cidades.

Fonte – Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017)

2.2.2 Histórico de crescimento no Brasil

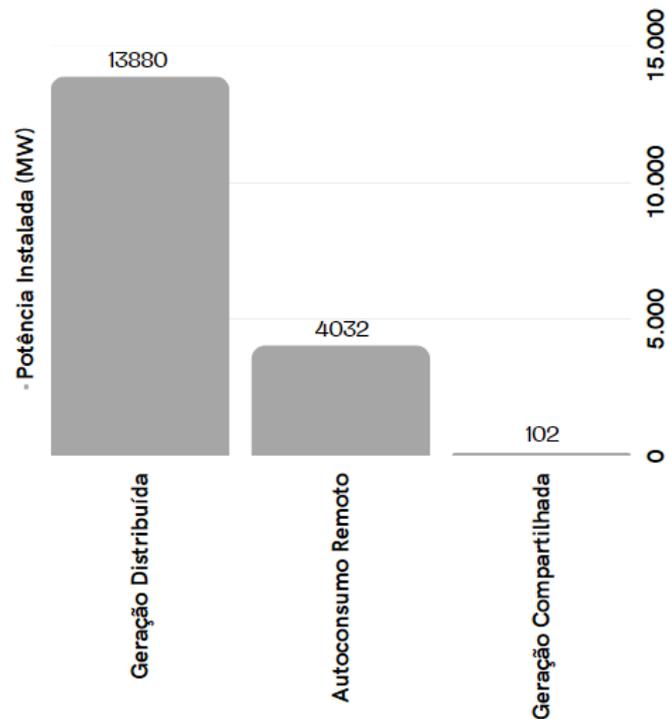
No Brasil, antes dos anos 2000, essa fonte de energia só era utilizada de forma isolada, para sistema de bombeamento e aplicações rurais. Na década posterior, com maior facilidade de acesso e redução dos custos dos equipamentos, houve um aumento no número de projetos solares, no entanto, somente no ano de 2012 que foram estabelecidas as regras e regulamentações para micro e minigeração pela ANEEL. Com isso, o modelo de compensação foi iniciado e a energia excedente injetada na rede pública poderia ser utilizada como créditos para redução da tarifa. (ANEEL, 2012).

Nos anos de 2015 e 2016, dado o crescimento da demanda por instalações solares, algumas modificações foram realizadas na regulamentação anterior. Uma delas foi de que o valor de potência máxima foi ampliado para 5000kWp. (ANEEL, 2012).

Com essas mudanças também foram incluídos condomínios, consórcios e cooperativas como possíveis geradores. Dessa forma, seria possível instalar usinas para uso compartilhado entre os usuários de um mesmo ambiente comum. (ANEEL, 2012).

Outro ponto adicionado e que merece atenção foi o início do chamado autoconsumo remoto. Nessa modalidade, seria possível realizar a compensação em Unidade Consumidora (UCs) diferente da que foi gerada o crédito, desde que localizada na mesma área de concessão. Em outras palavras, o investimento em energia solar começou a ser viável até mesmo para pessoas que não possuíam espaço para instalação dos equipamentos, como em apartamentos. Dessa forma, essas pessoas poderiam utilizar da geração fotovoltaica em fazendas ou chácaras e realizar a compensação energética em seus locais de moradia na cidade, por exemplo.

Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, para a geração distribuída em 2023, a maior parte das instalações está localizada no próprio local de consumo. São 13880 MW instalados em 1425 mil sistemas. Já para o autoconsumo remoto, esse valor é de 4032 MW em 298 mil instalações. Por último, há a geração compartilhada, que contribui com apenas 102 MW em aproximadamente 4 mil sistemas., conforme **Figura 3**.

Figura 3 - Distribuição de potência instalada no Brasil

Fonte: Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (2023)

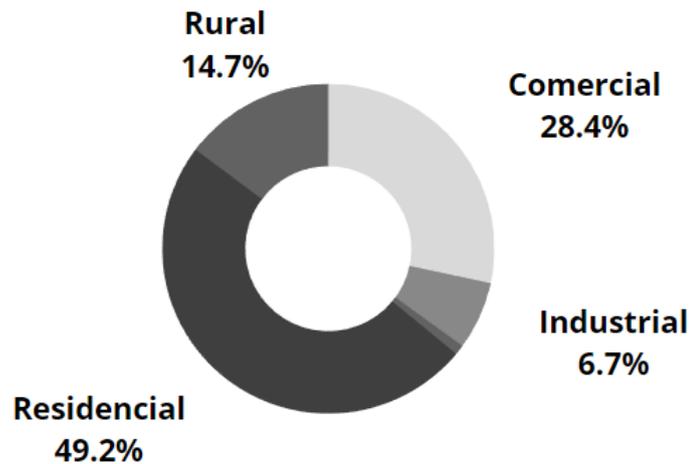
Para a geração distribuída, que é responsável pela maior potência instalada, existe a seguinte distribuição, cujos dados foram coletados de reportagem publicada na PV Magazine em 2023, de acordo com a **Figura 4**.

Figura 4 - Geração distribuída no Brasil

CLASSE	QTD GD	UCs REC CRÉDITOS	POT INSTALADA (kW)
Comercial	185,477	292,629	5,111,037.81
Iluminação pública	69	99	2,397.41
Industrial	28,741	45,616	1,202,903.38
Poder Público	4,157	6,540	175,236.42
Residencial	1,363,093	1,688,070	8,875,355.59
Rural	146,470	214,235	2,642,112.82
Serviço Público	256	718	15,183.52
Total	1,728,263	2,247,907	18,024,226.95

Fonte: PV MAGAZINE (2023)

Gráfico 1 - Distribuição da geração distribuída no Brasil



Fonte: <https://www.pv-magazine-brasil.com/2023/03/02/geracao-distribuida-solar-ultrapassa-os-18-gw-instalados/>

De acordo com o **Gráfico 1**, para a geração distribuída, o consumidor residencial é responsável por quase metade da potência instalada, o que demonstra que este setor está cada vez mais acessível e viável para todas as pessoas.

Atualmente, esse crescimento também está associado ao aumento das linhas de financiamento para geração solar. Dentre esses benefícios, está a troca da conta de luz pela parcela do financiamento. Com isso, ao longo prazo, é possível obter o retorno do investimento aplicado sem precisar de um capital elevado para instalação.

2.3 Tecnologias atuais

Com a evolução e utilização dessa tecnologia, atualmente existe bastante variedade de equipamentos. Esses materiais devem ser estudados e aplicados dependendo de cada caso. De forma geral, dois equipamentos são fundamentais para a construção de uma usina solar, que são os painéis ou módulos fotovoltaicos e os inversores.

2.3.1 Módulos fotovoltaicos

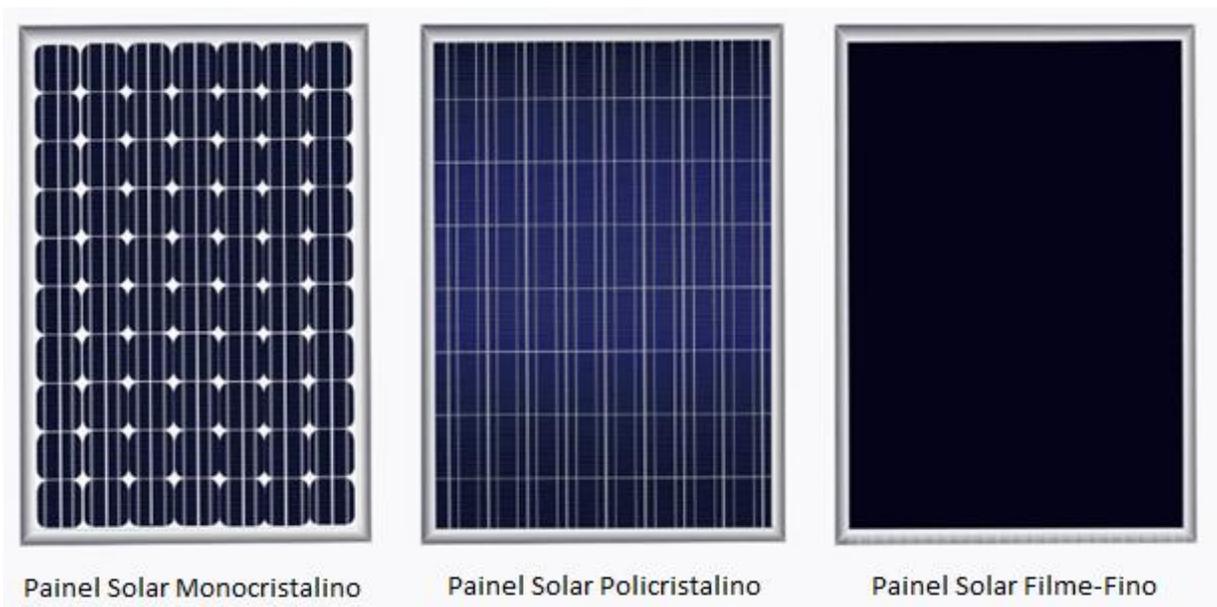
Responsáveis por converter a energia luminosa em energia elétrica, os módulos FV constituem um conjunto de células em arranjo. Eles podem se dividir em 3 categorias quanto à sua constituição (SOLAR MAGAZINE, 2021), conforme **Tabela 1** e **Figura 5**.

- 1) Silício monocristalino: Possuem mesma disposição das células fotovoltaicas. Com a presença de irradiação perpendicular, apresenta eficiência entre 18 a 21%. Funcionam melhor em usinas onde são instalados trackers (dispositivos que rastreiam a localização do sol e dispõem as placas de maneira ideal).
- 2) Silício policristalino: Possuem disposições desiguais de orientações das células fotovoltaicas. Possui eficiência média entre 15 e 17%. Apesar do rendimento ser menor comparado aos módulos monocristalinos, apresentam vantagens ao longo do dia para instalações fixas.
- 3) Filme fina: Possuem menor eficiência. No entanto, se adaptam bem tanto com a luz difusa como em altas temperaturas. Por conta de sua espessura, esse tipo de equipamento é flexível, fazendo com que ele seja aplicado na forma de adesivo.

Tabela 1 - Informações sobre tipos de painéis solares

Tipo de Painel Solar	Material	Eficiência	Custo	Aparência
Monocristalino	Cristal de silício simples e puro	Alto (18% ou um pouco mais alto)	Mais alto	Células pretas ou azuis escuras com cantos arredondados
Policristalino	Fragmentos de silício	Média (15-17%)	Alto	Células retangulares azuis
Filme fino	Vários	Baixo (11%, mas pode atingir 15%)	Mais baixo	Superfície uniforme preta ou azul

Fonte: SOLAR MAGAZINE (2023)

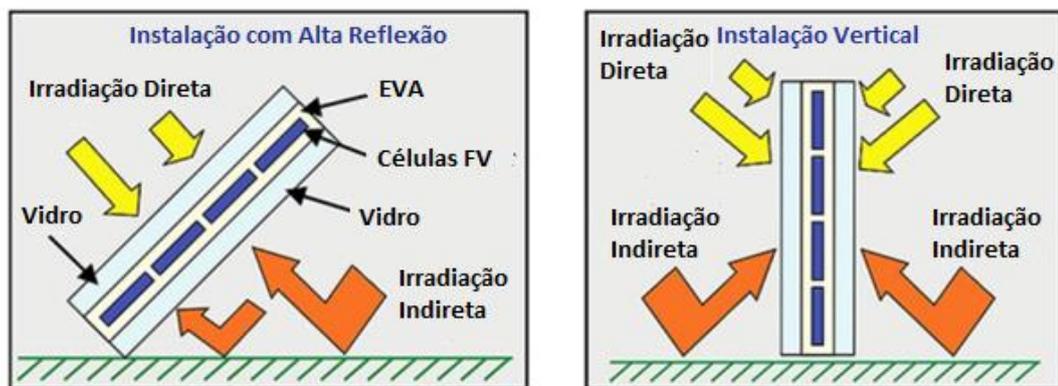
Figura 5 - Tipos de painéis solares

Fonte: SOLAR MAGAZINE (2023) [adaptado]

Atualmente, novas tecnologias também estão sendo implementadas e estudadas. Nessa categoria, pode-se citar:

- 1) Painéis Bifaciais: apresenta células em ambas as faces do equipamento. Com isso, é possível gerar energia não apenas da irradiação direta proveniente do sol, mas também da irradiação refletida nas superfícies adjacentes, conforme **Figura 6** e **Figura 7**. Essa instalação é ideal para áreas com varandas, toldos e fachadas. Essa tecnologia tem capacidade de aumentar em até 30% o rendimento dos painéis com apenas uma face.

Figura 6 - Formas de reflexão solar em painéis fotovoltaicos



Fonte: PORTAL SOLAR (2023) [adaptado]

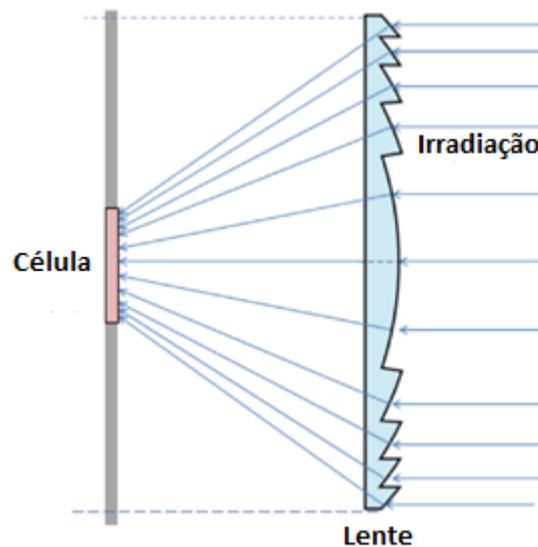
Figura 7 - Aplicação de painéis fotovoltaicos bifaciais



Fonte: PORTAL SOLAR (2023)

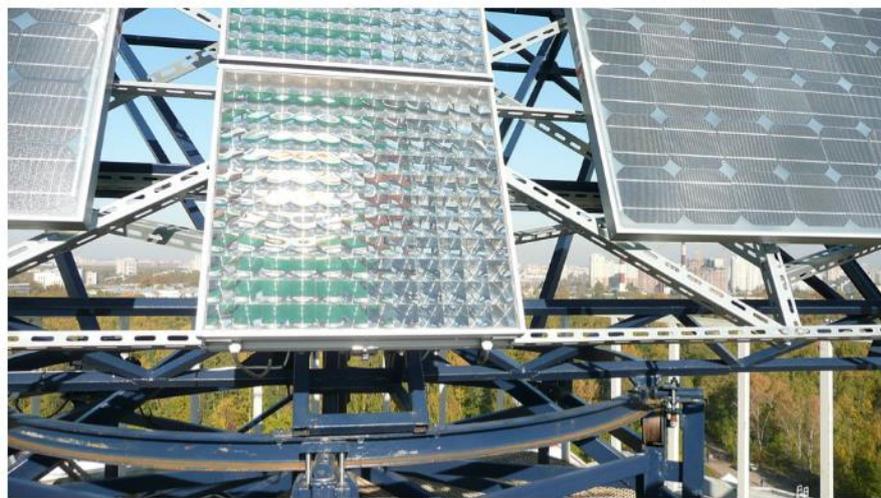
- 2) Tecnologia fotovoltaica concentrada (CPV): Essa tecnologia permite que, a partir de um conjunto de lentes, a luz seja direcionada para uma célula solar específica, conforme **Figura 8** e **Figura 9**. Com isso, existe o aumento da eficiência devido a redução das perdas por difusão. No entanto, por conta da concentração focal da irradiação, esses equipamentos apresentam considerável aumento de temperatura, sendo necessário aplicações para arrefecimento. Por conta disso, trata-se de um equipamento que ainda tem valor elevado atualmente.

Figura 8 - Irradiação solar no modelo CPV



Fonte: PeenState (2021) [adaptado]

Figura 9 - Painel solar CPV



Fonte: PeenState (2021) [adaptado]

- 3) Telhas Solares: Funcionando como painéis solares tradicionais, as telhas solares foram conceituadas em 2016 pela Tesla, conforme **Figura 10**. Além de trazer melhorias na estética do imóvel e ter fácil instalação, esse tipo de equipamento oferece vantagens para manutenção, visto que em caso de falha em algum dos equipamentos, é possível trocar apenas uma unidade. No entanto, como o equipamento ainda não está totalmente inserido no mercado brasileiro, ainda possui valor elevado para aquisição.

Figura 10 - Telhas solares



Fonte: Vivadecora (2021)

2.3.2 Inversores

Responsáveis pela conversão da corrente contínua em corrente alternada, esses equipamentos tiveram incremento em sua tecnologia, principalmente com a popularização da energia solar (SOPRANO, 2023). Eles são categorizados em:

- 1) Grid-tie ou on-grid: Sendo o mais utilizado no mundo, esse modelo tem como característica a conexão com a rede elétrica. Por conta de seu preço, é o mais utilizado atualmente. No entanto, geralmente necessitam de maiores níveis de tensão para operar. Em alguns países como nos Estados Unidos, esses equipamentos são proibidos para instalações residenciais, visto o maior risco de arcos elétricos nos sistemas.
- 2) Off-grid: Estes equipamentos operam desconectados da rede. Para a sua instalação, geralmente são utilizadas banco de baterias, onde a energia será armazenada até a sua utilização. Esse tipo de instalação costuma ser encontrada em áreas de difícil acesso e que a rede elétrica não está disponível.

- 3) Híbrido: Apresenta a tecnologia dos dois modelos anteriores. Quando está conectado à rede, sua operação carrega um banco de baterias. No entanto, quando existe a desconexão com a distribuidora, o sistema é desconectado e opera apenas com a energia já armazenada pelas baterias.
- 4) Microinversor: Esse equipamento opera em conexão com a rede. No entanto, por apresentar conexões individuais com os painéis fotovoltaicos, trabalham com um regime de tensão bem menor que os inversores anteriores (até 60Vcc). Em alguns países, só é permitido o uso desse tipo de equipamento para aplicações residenciais.

2.4 Aplicações

Cada projeto de usina fotovoltaica apresenta suas particularidades. Dependendo da aplicação, existem diferenças nos equipamentos escolhidos, forma de instalação, exigências e demandas das distribuidoras locais e regras específicas. Dessa forma, é importante conhecer alguns dos principais usos dessa fonte energética (INTELBRAS, 2020).

2.4.1 Residencial

Segundo a Resolução Normativa ANEEL N° 1.000 (2021), unidades com tensão menor que 2,3kV estão classificadas no grupo B. Por conta da potência instalada, usinas instaladas em residências geralmente são conectadas nesse tipo de categoria. Para os sistemas que são conectados à rede, apresentam menos etapas junto à distribuidora, trazendo celeridade ao processo. Além disso, durante a construção, por apresentarem a exigência de menos equipamentos, apresentam instalação rápida. Nesse tipo de empreendimento, a economia na conta de luz pode chegar a até 95%.

2.4.2 Empresas

O investimento em energia tem sido prioridade em muitas empresas. Dependendo do setor, o gasto em conta de luz pode ser um custo bastante elevado. Além da questão financeira, com a aquisição de um sistema solar, é possível trazer a questão da sustentabilidade, cada vez mais exigida e discutida na sociedade.

Outro ponto é a confiabilidade energética desse sistema. Empresas que atuam nas áreas de frigoríficos, monitoramento de segurança, data centers e provedores de internet

necessitam de um sistema que não seja prejudicado pelas quedas de energia. Com isso, podem garantir a autonomia de energia.

2.4.3 Indústrias

Com grande demanda energética, esse setor também se beneficia das vantagens da energia solar. Geralmente, devido a maior potência instalada, esse setor está inserido no grupo A e são conectados à média ou alta tensão. Os projetos apresentam maiores níveis de detalhes e necessitam de mais estudos e etapas junto à concessionária.

Além da questão financeira, também é possível adquirir certificados de sustentabilidade, que demonstram que a indústria apresenta preocupações ambientais desde a matéria prima até ao descarte de resíduos. Entre esses certificados, estão a Certificação 2030 Today, Certificação ESG e ISO 50001.

2.4.4 Fazendas

Assim como na indústria, a energia solar no ambiental rural apresenta diversas aplicações. Por conta da localização, nesses empreendimentos também são comuns os sistemas off-grid, que não apresentam conexão com a rede. Pode ser utilizada para alimentar bombas de irrigação, motores e cortadores. Outra aplicação é o tratamento e estoque de produtos perecíveis, como o leite.

2.5 Modelos de negócios

Existem quatro principais modelo de negócios com relação ao uso de energia solar no Brasil. Cada um tem suas características específicas, e devem ser estudadas tanto pela contratante como pela contratada.

2.5.1 Integração

Mais comum entre padrões de baixo consumo energético, como residências e pequenos comércios. Esse modelo tem como base a venda dos equipamentos, projetos envolvidos e a instalação do sistema para o cliente final. Ela pode atuar diretamente com o cliente ou com o intermédio de uma distribuidora. O faturamento para esse tipo de negócio pode ser dividido em três categorias:

- 1) Faturamento único: A empresa vende todas as etapas da construção, desde a matéria prima até a instalação e conexão dos equipamentos.
- 2) Faturamento direto com o distribuidor: O cliente compra o equipamento com o distribuidor e contrata a empresa responsável para a prestação de serviços de projeto e instalação dos equipamentos.
- 3) Venda parcelada: Nessa categoria, a empresa pode parcelar as etapas diretamente com o cliente ou adquirir um financiamento e repassar ao cliente. É comum a parceria de empresas de energia solar com bancos para esse último caso.

2.5.2 Locação ou arrendamento

A contratação deste modelo é comum entre clientes que possuem maior consumo energético. Sem a necessidade ou sem recurso para o investimento na construção de uma usina própria, a locação de usinas fotovoltaicas apresenta uma alternativa que pode ser mais vantajosa. Geralmente o valor cobrado tem como base a produção da usina, mas também existem casos em que o pagamento é fixo e realizado de forma anual.

2.5.3 Leasing

Semelhante ao modelo de locação, no leasing são realizados pagamentos mensais fixos, mas que ao final do contrato, o cliente pode optar por cancelar, renovar ou comprar os equipamentos. Nesse modelo, os custos de operação e manutenção podem ser de responsabilidade da empresa contratada ou do próprio cliente.

2.5.4 Galpão Build To Suit – BTS

É um modelo de negócio que estabelece o aluguel de imóveis que já tenham sistemas próprios de geração solar. Com ele, é possível ter a compensação na tarifa energética inclusa no valor do aluguel. As aplicações mais comuns são em indústrias, atacadistas, centros de distribuição e empresas de logística.

2.6 Erros e inconformidades em obras

Um dos pontos estudados e de importância na realização de obras são as inconformidades entre as diferentes etapas do empreendimento. No total, são três estágios desde o início até o fim do projeto: planejamento, construção e utilização. (FABRÍCIO, 2002). Dentre os motivos de incidentes, os principais são os erros de projetos e execução, que podem ser gerados por imperícia, negligência e imprudência.

Para os erros de projeto, que acontecem na concepção da obra, é necessário que a prioridade seja a racionalização das atividades, sendo realizadas de maneira cautelosa, conciliada e de maneira harmônica com a produção.

Já para os erros de execução, em obras de construção civil, as falhas podem ocasionar danos estruturais, levando ao colapso total ou parcial (BOMTEMPO, 2017). O mesmo comportamento pode acontecer em usinas FV, dado a interdisciplinaridade dos trabalhos.

Para Nolasco (2021), é necessário que todos os agentes no processo apresentem uma adequação estratégica e operacional frente ao processo construtivo desde à qualidade, desempenho e ausência de não conformidades. A ausência dessa característica pode gerar provocar colapsos e atingir diretamente a segurança de pessoas e outros bens.

Para mitigar as inconsistências em projetos, se faz necessário ter o máximo de registros de ocorrências e classifica-los de acordo com indicadores de urgência. Uma das maneiras de categorização é com relação as suas condições (MAYR, 2000):

- 1) Imperfeição: Falta de dados na informação
- 2) Omissão: Falta de informações
- 3) Contradição: Dados conflitantes.

Esses dados devem ser registrados e com base em sua análise, montado um plano de ações para mitigação dos erros e verificação de sua gravidade de forma que não apresentem recorrências.

3. DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO FOTOVOLTAICO

Neste capítulo, são apresentadas as etapas para o desenvolvimento de uma usina fotovoltaica. Como o foco deste trabalho é análise de projetos de fazendas solares para compensação energética, será apresentado os processos para esse tipo de usina. Todas as etapas devem ser suportadas pelas normas brasileiras, tais como ABNT NBR 16690 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), ABNT NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) e ABNT NBR 5419 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015). A ordem em que vão ser apresentadas as etapas pode variar de projeto a projeto, no entanto, neste trabalho será realizada a apresentação dos processos de acordo com a empresa estudada.

3.1 Características Básicas da Usina

O primeiro passo para a criação de uma usina solar é estabelecer o seu tamanho e potência. Para isso, é comum entre empresas de energia solar a utilização das informações de consumo energético do cliente, geralmente encontrados nas contas de luz. Com isso, é possível criar uma estimativa de potência necessária para suprir a demanda energética do consumidor.

Para as instalações que possuem característica de gerar crédito energético, podem ser divididas quanto à potência em duas categorias, de acordo com regras da ANEEL (2023):

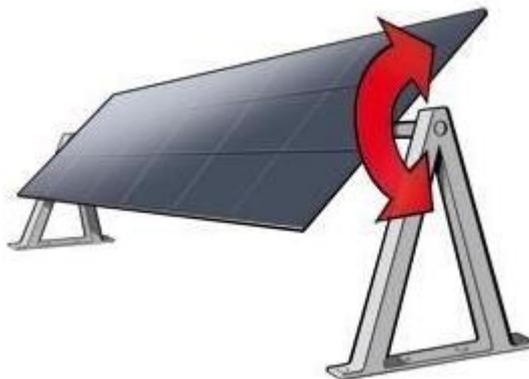
- 1) Microgeração: Potência inferior a 75kW. Por conta da menor potência, geralmente são facilmente aprovadas pelas distribuidoras. Os estudos e detalhamentos dos projetos são reduzidos e possuem rápida instalação.
- 2) Minigeração: Potência entre 75kW e 5MW. Devido a potência relativamente alta, essas usinas devem apresentar projetos bastante detalhados e precisos. Esses projetos podem apresentar grande período para aprovação junto à distribuidora. Além disso, também é comum a exigência de estudos específicos e necessidade de melhorias na rede, visto que a infraestrutura existente no local antes da instalação da usina nem sempre é favorável para a conexão imediata desses projetos.

3.2 Equipamentos Base

Definida a potência da usina, o segundo passo é estabelecer inicialmente alguns equipamentos básicos. Eles serão responsáveis por direcionar o restante de todo o projeto:

- 1) Módulo Fotovoltaico: Existem modelos de diferentes marcas e características no mercado. Para a sua escolha, vale ressaltar que quanto maior a potência unitária, menor a quantidade de equipamentos necessários para se atingir a potência prevista para a usina. No entanto, esses materiais têm preço mais elevado e em caso de falha, apresentam maior prejuízo. Além disso, os módulos são responsáveis pela maior área ocupada em uma usina, impactando no tamanho do terreno que deve ser utilizado (FRITSCH, 2019).
- 2) Inversor: Assim como os módulos, existem diversas marcas e modelos. São responsáveis por como os módulos vão ser organizados em strings. A escolha de potência do equipamento vai impactar na sua quantidade e na instalação do projeto (FRITSCH, 2019).
- 3) Trackers: Esses equipamentos são responsáveis por rastrear o posicionamento do sol. Com isso, é possível deixar as placas em posição perpendicular com a luminosidade solar durante todo o decorrer do dia. Isso acontece através da rotação das mesas onde foram instalados os módulos, conforme **Figura 11**, aumentando a sua eficiência. Seu uso não é obrigatório, mas reduz o número de módulos e inversores necessários para atingir a demanda esperada (DUARTE, 2021).

Figura 11 - Funcionamento de mesa com tracker



Fonte: ENERGES (2023)

3.3 Terreno

A escolha do terreno é fundamental para o prosseguimento com o projeto. Para obras em que já existam terrenos fixos, não existe a opção de escolha dessa categoria e o projeto deve se adaptar ao local existente. Nesse caso, a definição de equipamento procede a escolha do terreno, visto que é necessário encontrar materiais que se adaptem ao espaço (TROMBINI, 2021). No entanto, também existem as situações em que o terreno só será selecionado após definições básicas de construção, que é o mais usual nos casos de usinas que são construídas para o modelo de locação e arrendamento. De forma geral, o local onde serão instalados os equipamentos deve apresentar as seguintes características:

- 1) Poucos desníveis: Quanto menor as irregularidades, mais fácil e barato será a construção da usina. Sem a necessidade de obras de terraplanagem, é possível trazer celeridade à obra, principalmente em usinas em que foram previstas a instalação de trackers. Nesse tipo de usina, é fundamental que as mesas instaladas estejam todas alinhadas, de forma que o equipamento possa realizar seu movimento correto com relação ao sol. Na **Figura 12**, é possível perceber que o alinhamento entre as mesas é fundamental para o funcionamento desses equipamentos.
- 2) Espaço: Dado o número de equipamentos que serão instalados, é preciso que o espaço seja suficiente para a instalação de todos os aparatos. Também é importante saliente o espaçamento entre as estruturas, mobilização e acesso durante as fases de operação e manutenção da usina.
- 3) Sem sombreamento: Para a escolha do terreno, é fundamental a verificação da região ao redor. Em áreas em que existem muita vegetação na vizinhança, é possível que mesmo com a instalação correta dos equipamentos e estruturas, a usina venha a ter um baixo rendimento devido ao sombreamento causado por árvores ao redor. O mesmo acontece em ambiental urbano, onde o sombreamento de prédios pode ser um motivo para baixo rendimento energético.

Figura 12 - Modelo de terreno para instalação de usina solar



Fonte: SIESOLUÇÕES (2022)

3.4 Estudos do Terreno

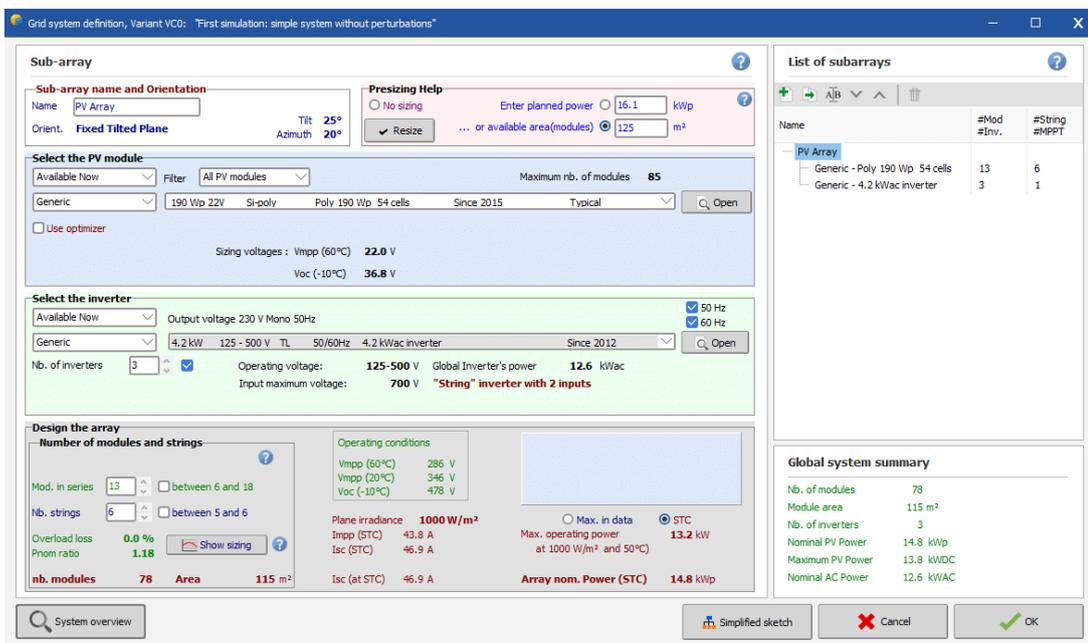
Definida a área em que vai ser construída a usina, é necessário realizar alguns estudos sobre a região. O objetivo é garantir que a instalação apresente maior vida útil e que não vai sofrer impactos da localização ao longo dos anos. Entre eles estão:

- 1) Sondagem SPT: É responsável por definir a resistência do solo e as suas características. Nesse estudo, é realizada a verificação de quantos golpes são necessários para que o solo penetre trinta centímetros no chão.
- 2) Estudo topográfico: É realizado o levantamento planialtimétrico da área, apresentando as características físicas do terreno, tais como elevações, vegetação e dimensionamento. Com base nesse estudo, também é possível realizar a verificação e estudo de drenagem.
- 3) Estudo de drenagem: Realizado para entender como funciona a circulação de água no terreno. Em períodos chuvosos, é comum que haja movimentação de terra em terrenos que não foram bem avaliados, podendo trazer prejuízos para a instalação. Com esse estudo, é possível entender em que pontos existe o acúmulo de água e quais as vias de escoamento, fazendo com que seja possível tomar medidas de correção e prevenção de erosões.

3.5 Simulações

Em paralelo com a escolha do terreno e com os estudos realizados, é possível realizar simulações a respeito dos equipamentos definidos anteriormente. Dentre as possibilidades existentes, o mais comum é o software PVsyst. De acordo com a **Figura 13**, existem diversos parâmetros aplicáveis para análise para entender melhor como funcionam os arranjos das estruturas no terreno escolhido. Dentre as suas vantagens, está a possibilidade de aplicar as definições e características fornecidas pelos próprios fornecedores. Dentre essas particularidades, está a degradação com o tempo, perdas por cabeamento e oxidação, além da verificação de sombreamento em todas as épocas do ano. Dentre os resultados obtidos, é possível ter uma estimativa detalhada de produção com base nas coordenadas da usina.

Figura 13 - Plataforma PVsyst



Fonte: PVSYST (2023)

3.6 Distribuidoras

Dadas as características principais das usinas e visto a viabilidade da continuação, é necessário consultar primeiramente as regras da concessionária onde a usina será instalada. Cada distribuidora possui suas regras, sendo necessários processos, documentações e estudos específicos para cada uma. No entanto, mesmo com as especificações, as exigências mínimas são estipuladas pela ANEEL, agência responsável pela regulamentação da geração, transmissão e distribuição da energia elétrica no Brasil. Dessa forma, a maioria das etapas, tais como a

emissão do parecer de acesso, são obrigatórias em todas as distribuidoras. De acordo com ANEEL, atualmente existem 105 distribuidoras de energia elétrica no país. Cada uma deve ser estudada individualmente para a instalação de uma usina fotovoltaica.

3.7 Projetos Básicos e Parecer de Acesso

Dadas as informações da distribuidora, é necessário realizar a execução de alguns projetos básicos para a sua análise. Antes de dar prosseguimento, é necessário que a distribuidora avalie as condições da rede em que vai ser instalada a usina. Para isso, de forma geral, é solicitado uma consulta de acesso. Nesse documento, são informadas algumas das características básicas da usina, tais como potência, tipo de geração, ponto onde será conectada a nova instalação, informações do terreno. Além disso, também são necessários modelos, sem a necessidade de informações tão detalhadas, dos projetos da usina. Dentro esses projetos, estão o memorial descritivo, planta de localização, arranjo físico da usina e diagramas. Esses projetos também são importantes para a própria projetista, pois é possível ter um layout preliminar e verificar junto ao cliente se existem exigências específicas.

Após o envio dessas informações, é necessário o aguardo da resposta da distribuidora, que irá verificar os documentos e afirmar se existe a possibilidade de conexão da nova planta solar. Vale ressaltar que nos casos em que a infraestrutura é inexistente ou não atende a demanda da nova conexão, existem três alternativas. A primeira é o ajuste na rede custeado totalmente pela distribuidora, onde será realizada uma obra para que a nova planta seja conectada. A segunda alternativa é a divisão dos custos com o cliente, onde cada um é responsável por uma parcela do valor das obras de infraestrutura. Por último, há a responsabilidade completa do cliente. Essa alternativa, apesar de trazer maiores gastos ao projeto, pode ser uma opção válida para casos em que se necessita de celeridade nas etapas de construção, visto que os processos com a distribuidora costumam ser bastante burocráticos e demorados.

O próximo passo após a resposta da distribuidora, que também é conhecida como informação de acesso ou AVT (Avaliação de Viabilidade Técnica), é a emissão do parecer de acesso. A ANEEL estabelece as regras para a conexão ao sistema de distribuição de energia elétrica através do módulo 3 do Prodist. Nele são informadas os requisitos mínimos e as exigências para que seja possível realizar a conexão da instalação ao sistema de compensação. Também estabelece quais as informações devem conter para a emissão do parecer de acesso, que é realizado junto a distribuidora.

3.8 Projetos Executivos

Visto que todas as etapas iniciais foram concluídas, a próxima etapa é a construção dos projetos executivos em si. Nesse estágio serão detalhadas todas as características da usina.

3.8.1 Projetos provisórios - Canteiros de Obra

Para usinas de minigeração, devido ao seu tamanho, complexidade e período de construção, é necessário realizar inicialmente a elaboração de projetos provisórios onde serão acomodadas todas as estruturas para a equipe que irá trabalhar no local. Um dos pontos importantes para a localização das estruturas é que devem ser dispostas na região do terreno em que vão ser construídas as últimas tarefas das obras. Geralmente essa área fica localizada próximo à sala de controle e almoxarifado. Ao fim das atividades, essas estruturas serão desmontadas.

Com relação ao terreno, nos casos em que ainda não existe cercamento, é necessário que exista um detalhamento para as suas delimitações. Além disso, também se faz necessário o ajuste do solo para os casos em que é preciso correções de drenagem e terraplanagem. No tocante à parte elétrica, se faz necessário o detalhamento das instalações tais como iluminação, tomadas de uso geral e específicas para equipamentos, aterramento de estruturas. Já com relação a parte civil, podem ser definidas as estruturas instaladas provisoriamente, tais como almoxarifado e galpões de armazenamento de equipamentos e vias de passagem.

Todas essas especificações devem ser sinalizadas, conforme padrões e normas brasileiras de segurança do trabalho, apresentando placas, instruções e regras definidas.

3.8.2 Projetos Fixos – Usina

Para os projetos da usina em si, se faz necessário o maior detalhamento possível nas documentações. Para que a execução se dê de forma clara e objetiva, é preciso que a maior quantidade de variáveis seja levada em consideração antes do início da realização da obra. Nem sempre é possível prever todos os acontecimentos em campo, e muitas vezes se faz necessário alterações nos projetos iniciais. De forma simplificada, a documentação técnica pode ser dividida em três categorias.

Dentre os projetos elétricos, os mais importantes são:

- 1) Memorial de Cálculo Elétrico: É o documento em que são realizados e demonstrados os cálculos elétricos da usina. Através dele é possível ter as informações da quantidade de circuitos previstos para a instalação. Além disso, também é informado corrente, especificações de cabeamento, corrugados e proteções adotadas em cada trecho do circuito.
- 2) Diagrama unifilar: Nele estão definidas todas as ligações elétricas da usina, desde o ponto de conexão com a rede até os circuitos de baixa tensão. Também é explicitada como estão organizados os arranjos fotovoltaicos e suas ligações com inversores, proteções e demais equipamentos.
- 3) Memorial de cálculo de aterramento: A partir dos estudos de resistência do solo, também é feito um memorial com as informações de especificação de hastes, quantidade e espaçamento entre elas na usina.
- 4) Projeto de aterramento: Neste documento é informado a disposição das hastes e como será realizada a malha de aterramento no local da instalação. Também é informado que tipo de solda exotérmica será utilizada em cada ponto específico.

Para os projetos civis, destaca-se:

- 1) Projetos de solo: Neles são definidos os tipos de movimentação de solo tanto para drenagem como para planificação do terreno.
- 2) Vias de acesso: Detalhamento das passagens, tanto de pessoas como de transportes internamente ao terreno. Um dos pontos importantes é o reforço do solo nos trechos que vão passar condutores no subsolo por onde também vai haver circulação de veículos pesados.
- 3) Projetos de estruturas: Necessário para a construção de salas de controle, almoxarifados, hidrossanitários e bases de equipamentos, tais como estações meteorológicas, inversores e mesa dos módulos fotovoltaicos.

Para monitoramento e supervisão da usina, apesar de não ser obrigatório, existem os:

- 1) Projetos de CFTV – Detalhes com disposição de câmeras, raio de observação, pontos críticos de monitoramento.
- 2) Projetos para supervisão – Equipamentos para medições e acompanhamento da

saúde da usina, tais como irradiação, geração, temperatura local e dos equipamentos entre outros.

3.9 Construção

Para algumas empresas, essa etapa é iniciada antes mesmo do fim da elaboração dos projetos executivos. Através do planejamento do cronograma das entregas, já é possível iniciar as obras apenas com projetos de canteiro de obras, cercamento, layout da usina e diagramas unifilares. Com isso, também é possível agilizar a solicitação de compra e entrega de materiais como cabos, módulos, inversores, transformadores, entre outros. No entanto, essa estratégia deve ser cuidadosamente estudada, dado que com a equipe já em campo, paralisações podem gerar custos financeiros.

A realização da obra pode contar com colaboradores de diversas áreas, tais como eletricitistas, engenheiros, equipe de limpeza e segurança do trabalho. O objetivo é seguir todo o detalhamento que consta nos projetos. No entanto, muitas vezes são encontrados desafios e variáveis que não foram considerados na elaboração. Com isso, é necessário a realização de revisões nos projetos, de forma a corrigir os pontos avaliados. Também é comum que sejam feitas alterações na obra e que isso seja corrigido nos chamados projetos *As Built*.

De qualquer forma, é necessária a constante comunicação entre a equipe que projetou e a equipe que está executando, tornando a obra o mais fiel aos objetivos que foram planejados.

3.10 Comissionamento

Dada a finalização da fase de execução, chega o momento de realizar o comissionamento da nova usina fotovoltaica. Essa etapa consiste em validar se a obra está de acordo com as normas, leis, projetos de engenharia e requisitos do cliente. Existem diversas vantagens na realização de um bom comissionamento:

- 1) Torna a usina mais eficiente, dado que podem ser encontradas falhas que trazem prejuízos de geração por conta de intermitências na operação das usinas.
- 2) Traz controle quanto a qualidade do serviço prestado.
- 3) Evita acidentes, falhas e danos nos equipamentos.
- 4) Faz com que as pessoas envolvidas estejam engajadas em todas as etapas do projeto,

evitando retrabalhos.

- 5) Permite uma etapa de operação e manutenção mais facilitada, visto que o projeto está bem documentado.

Além do comissionamento interno, também é necessário que seja realizada a vistoria por parte da distribuidora para que haja a conexão com a rede. Segundo a ANEEL, essa solicitação deve acontecer em até 120 dias após a emissão do parecer de acesso. Caso não seja concluído durante esse período, se faz necessário a realização de outra solicitação de parecer.

3.11 Operação e Manutenção

Após a realização de todas as etapas anteriores, a construção da usina se dá como concluída. No entanto, principalmente para usinas de minigeração, é necessário o acompanhamento de seu funcionamento. Em seu projeto, são variados os controles aplicados para comandos e monitoramento da usina. Nessas instalações, geralmente são previstos a utilização de sistemas SCADA, onde é possível supervisionar parâmetros elétricos, tais como potência, tensão e corrente em vários pontos da usina. Além disso, associado com estudos de simulações e dados de estações solarimétricas, é possível entender se a eficiência da usina está como esperada.

Além do controle dos dados gerados com a usina, devem ser realizadas manutenções frequentes na instalação. Dentre as tarefas realizadas, está a limpeza dos módulos, verificação termográfica dos equipamentos para evitar pontos quentes e a retirada da vegetação crescente. Para a remoção de grama e capim, uma das tecnologias que tem se tornado mais popular é a utilização de capinas elétricas. Esse equipamento é capaz de remover ervas daninhas através de descargas elétricas de forma mais eficiente e duradoura.

4. METODOLOGIA APLICADA

Neste capítulo será apresentada a fonte de dados para o estudo proposto, a classificação dos comentários realizados e parâmetros analisados. Também serão mostrados quais os projetos foram elaborados, como foram divididos e examinados. Além disso, também serão apontadas as características das empresas projetistas e suas responsabilidades.

4.1 Construmanager

Para realizar o acompanhamento dos projetos enviados pelas empresas contratadas, utilizou-se da plataforma construmanager. Com ele é possível ter a gestão de todos os documentos enviados, assim como o controle de revisões, comentários, liberações ou recusas de projetos. A seguir serão explicadas algumas das funções da plataforma.

4.1.1 Controle de revisões

Um dos principais pontos que devem ser controlados na fase de projetos são as revisões nas documentações. Um dos riscos presentes na falta dessa administração é a chegada na obra de projetos que apresentem erros ou que não tenham compatibilidade de informações. Dessa forma, é essencial que a última versão da documentação esteja registrada e verificada.

Dada essa importância, o construmanager é uma plataforma que possibilita o controle das revisões de maneira sistemática, conforme ilustrado na **Figura 14**.

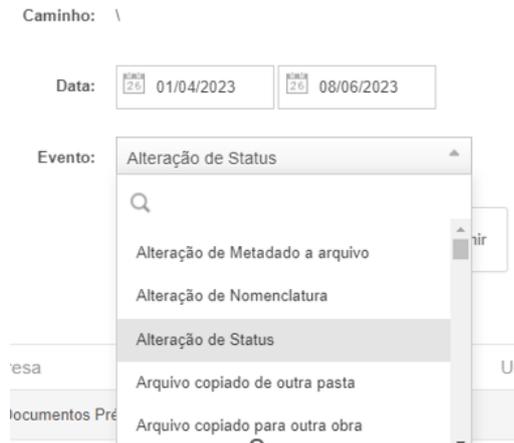
Figura 14 - Controle de projetos na plataforma construmanager

Exibir:		Todos (8)		Novos	Status ▼	Bloqueados	Checkout	Discussões
<input type="checkbox"/>	V	🕒	↓ Nome	Revisão				
<input type="checkbox"/>	👁️	✅	Planta de Infraestrutura e localização de periféricos	R01				
<input type="checkbox"/>	👁️	✅	Detalhe do Projeto de Infraestrutura e localização de periféricos	R00				
<input type="checkbox"/>	👁️	✅	Projeto da base do poste do CFTV	R00				

Fonte: CONSTRUMANAGER (2023)

O registro dessas revisões é armazenado para eventuais consultas, conforme **Figura 15**, sendo possível verificar suas modificações. Além das alterações em revisões, também é possível ter o histórico de alterações em diversas outras categorias, tais como status, upload, exclusão de arquivos, entre outros.

Figura 15 - Histórico de mudanças do construmanager



Fonte: CONSTRUMANAGER (2023)

Outra função bastante utilizada da plataforma é a emissão de listas mestras. Com elas, é possível entender o status de cada documento registrado e as múltiplas características do projeto. No **Quadro 1** existem todas as informações de documentações que podem ser pontuadas.

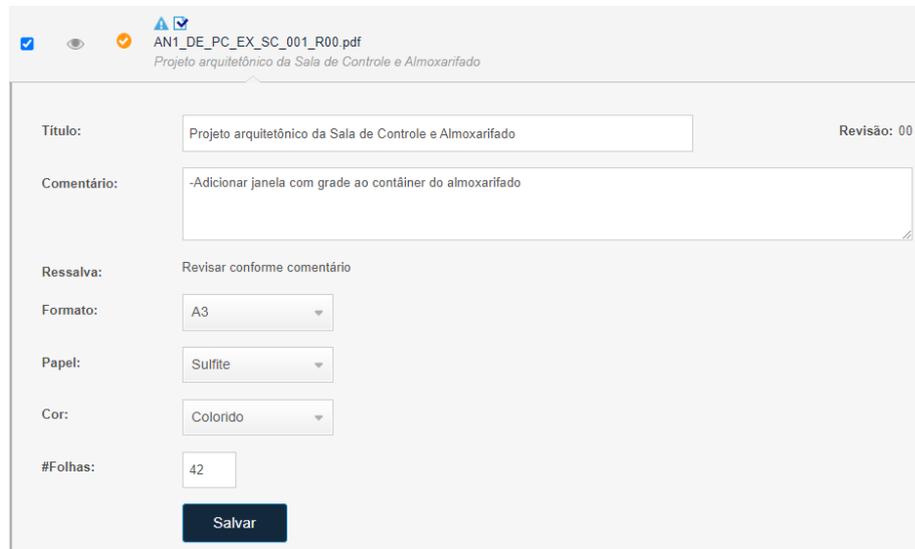
Quadro 1 - Controles de lista mestra

Caminho	Nome do arquivo	Revisão atual
Título	Comentários	Autor do Upload
Data último Status	Tamanho	Papel
Folhas	Data Check-Out	Motivo Check-Out
Markup	Autor Markup	Título Markup
Markup Externo	Autor Markup Externo	Título Markup Externo
Autor Bloqueio	Data Discussão	Motivo Discussão
Status	Motivo do Status	Comentário Markup
Data do Upload	Autor do Último Status	Comentário Markup Externo
Formato	Cor	Autor Discussão
Autor Check-Out	Data Markup	Data Markup Externo
Motivo Bloqueio		

Fonte: Próprio autor

Por último, existe na plataforma a possibilidade de inserir comentários nos documentos enviados pela empresa projetista, juntamente com a alternativa de inserir arquivos. Esse recurso é bastante utilizado para análise da contratante. Segue na **Figura 16** e **Figura 17** como são registrados os comentários para correções e modificações.

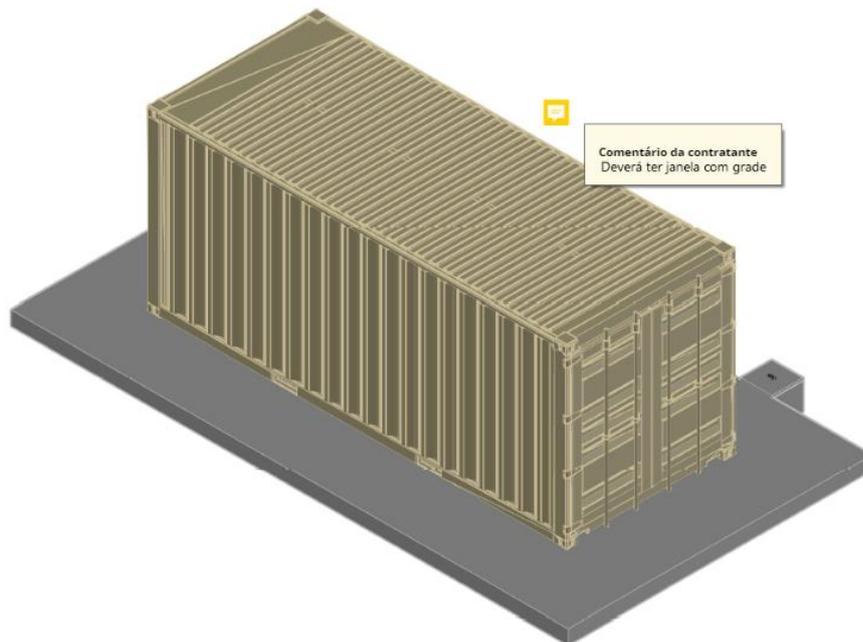
Figura 16 - Comentários realizados no construmanager



The screenshot displays the 'Comentários' (Comments) section of the Construmanager platform. At the top, the document title is 'AN1_DE_PC_EX_SC_001_R00.pdf' with the subtitle 'Projeto arquitetônico da Sala de Controle e Almojarifado'. The 'Título' (Title) field contains 'Projeto arquitetônico da Sala de Controle e Almojarifado' and the 'Revisão' (Revision) is '00'. The 'Comentário' (Comment) field contains the text '-Adicionar janela com grade ao contâiner do almojarifado'. Below the comment field, the 'Ressalva' (Reservation) is set to 'Revisar conforme comentário'. The 'Formato' (Format) is 'A3', 'Papel' (Paper) is 'Sulfite', 'Cor' (Color) is 'Colorido', and '#Folhas' (Pages) is '42'. A 'Salvar' (Save) button is located at the bottom of the form.

Fonte: CONSTRUMANAGER (2023)

Figura 17 - Comentários realizados para anexo de markeup



Fonte: Próprio autor

4.2 Classificação e categorização

Com objetivo de realizar os estudos propostos sobre os projetos, foram avaliados todos os comentários a partir do dia 02/11/2022 em planilha eletrônica. Esses registros foram classificados em diferentes categorias, visando entender a performance das projetistas, quais projetos apresentam maiores dificuldades para serem realizados e analisados, qual categoria ou tipo de projeto apresenta maior número de comentários e observações.

Dessa forma, para todos os comentários realizados nos projetos, houve as seguintes categorias preenchidas, conforme **Quadro 2**. Para exemplificação, será utilizado um dos comentários registrado em projeto para o preenchimento de todos os parâmetros levantados.

Quadro 2 - Categorias utilizadas para registros de documentos

Projetista	Extensão do arquivo	Nível do comentário
Usina	Motivo do Status	Comentário
Documento	Data do Upload	Tipo de Comentário
Nome do Arquivo	Data último Status	Classe do Projeto
Código	Status Construmannager	Tipo de Projeto
Revisão Construmannager	Fase	Tempo de Análise

Fonte: Próprio Autor

4.2.1 *Projetista e usinas*

Conforme comentado anteriormente, para o projeto em estudo, três empresas foram responsáveis pela elaboração dos projetos. Foram delegadas quantidades diferentes de usinas para cada uma delas e durante o andamento da fase de projetos, houve redefinição de instalações, com cancelamento ou incremento de novas áreas, dadas as questões internas na contratante. Na etapa em que se encontra o andamento atualmente, as projetistas foram responsáveis pelas usinas conforme **Quadro 3**. Vale lembrar que para o estudo de documentações, também serão consideradas as áreas que foram canceladas, visto que o foco é entender as dificuldades de elaboração.

Quadro 3 - Usinas do estudo

PROJETISTA	ÁREA	USINA	USINA ATIVA
PROJETISTA UM	Anápolis	AN1	SIM
	Anápolis	AN2	SIM
	Anápolis	AN3	SIM
	Alto Taquari	AT1	SIM
	Cidade Gaúcha	CG1	SIM
	Cidade Gaúcha	CG2	SIM
	Cidade Gaúcha	CG3	SIM
	Caçapava	CP1	SIM
	Caçapava	CP2	SIM
	Coqueiral	CQ4	SIM
	Coqueiral	CQ5	SIM
	Coqueiral	CQ6	SIM
	Ibirapuã	IB1	SIM
	Ibirapuã	IB2	SIM
	Maria Helena	MH1	SIM
	Maria Helena	MH2	SIM
	Maria Helena	MH3	SIM
	Paraíso do Norte	PN1	NÃO
	São Mateus	SM1	SIM
	Seropédica	SR1	SIM
	Seropédica	SR10	SIM
	Seropédica	SR2	SIM
	Seropédica	SR3	SIM
	Seropédica	SR4	SIM
	Seropédica	SR5	SIM
	Seropédica	SR6	SIM
	Seropédica	SR7	SIM
	Seropédica	SR8	SIM
	Seropédica	SR9	SIM
	Uniflor	UN2	NÃO
Uniflor	UN3	NÃO	
Uniflor	UN4	NÃO	
PROJETISTA DOIS	Bauru	BAU01	SIM
	Bauru	BAU02	SIM
	Belo Jardim	BJD01	SIM
	Guapimirim	GPM01	SIM
	Itaperuna	ITP01	NÃO
	Itaperuna	ITP02	NÃO
	Santa Cruz do Capibaribe	SCC01	NÃO
	Silva Jardim	SJD01	SIM
	Silva Jardim	SJD02	SIM
	São Simão	SSM01	SIM
	São Simão	SSM02	SIM
PROJETISTA TRÊS	Boituva	BTA1	SIM

Fonte: Próprio Autor

Para o exemplo a ser demonstrado, será utilizado um projeto de SR4.

Tabela 2 - Exemplo de registro de projetista e usina

Projetista	Usina
PROJETISTA UM	SR4

Fonte: Próprio Autor

4.2.2 Documento, código, revisão, extensão e nome do arquivo

Para cada projeto elaborado, foi registrado um título, um nome de arquivo e um código correspondente. Conforme exemplo da **Tabela 3**, é apresentado um modelo de como foram registrados esses dados. Pelo código, é possível entender rapidamente que se trata de um projeto básico (BA) de diagrama unifilar (UN) da usina de Seropédica (SR4). Além disso, verifica-se, através do nome do arquivo, que é possível localizar rapidamente o documento sem necessidade de abrir o arquivo para verificação de revisão em cabeçalho. Ele possui a identificação de revisão pelo sufixo “R00” e também a extensão do arquivo. Essa codificação ajuda no controle de arquivos e revisões que serão entregues.

Tabela 3 - Registro de documento, código, revisão, extensão e nome do arquivo

Documento	Código	Revisão	Extensão	Nome do Arquivo
Diagrama Unifilar Geral	SR4_DE_UN_BA_EL_001	0	pdf	SR4_DE_UN_BA_EL_001_R00.pdf

Fonte: Próprio Autor

4.2.3 Data de upload e data de último status

Na categoria data de upload são registradas as datas em que os arquivos foram anexados pela empresa projetista no construmanager. Além disso, para projetos que já foram verificados pela contratante, no registro data de último status se encontra a data em que o arquivo foi liberado ou que foi realizado algum comentário, conforme **Tabela 4**.

Tabela 4 - Exemplo de registro de nome do arquivo, data de upload e data de último status

Nome do Arquivo	Data do Upload	Data último Status
SR4_DE_UN_BA_EL_001_R00.pdf	03/03/2023	06/03/2023

Fonte: Próprio Autor

4.2.4 *Status construmanager*

Para todos os projetos, os status foram classificados em:

- 1) **Aprovado:** Projetos realizados pelas empresas projetistas, mas que não foram revisados pela contratante.
- 2) **Liberado para obra:** Projetos revisados pela contratante e que não apresenta nenhum comentário para modificação.
- 3) **Liberado para obra c/ Ressalvas:** Projetos aprovados pela contratante, mas que apresentam comentários que não impactam diretamente na execução. Geralmente são erros de escrita, escala e falta de detalhes.
- 4) **Lista de Documentos:** Projetos que ainda vão ser elaborados pela empresa projetista
- 5) **Recusado:** Impactam diretamente na execução da usina. Geralmente são erros de cálculo, layout, especificação de equipamentos.

Importante salientar que para o estudo deste trabalho, não foram consideradas as listas de documentos nem os documentos aprovados, visto que as observações só serão realizadas com relação aos documentos já entregues e analisados pela contratante. Na **Tabela 5**, é possível visualizar exemplo de registro.

Tabela 5 - Exemplo de registro de nome do arquivo e status construmanager

Nome do Arquivo	Status Construmanager
SR4_DE_UN_BA_EL_001_R00.pdf	Liberado para obra c/ Ressalvas

Fonte: Próprio Autor

4.2.5 *Fase*

Para que as entregas dos projetos tenham prioridades, os projetos e documentações foram divididas em sete fases. Com isso, é possível estabelecer o que deve ser entregue primeiro pela empresa projetista para que se tenha o melhor fluxo no momento da construção. Dessa forma, todos os registros foram divididos da seguinte maneira:

- 1) **Fase 0:** São as documentações burocráticas da usina. Nessa fase estão inseridos os registros como licenças ambientais, documentações do terreno e parecer de acesso.
- 2) **Fase 1:** Também conhecida como fase de mobilização, esta fase marca os projetos

que são indispensáveis para o início da execução de obra da usina. Nessa fase são registrados projetos como diagramas, rota de cabos e projetos de canteiros de obras.

- 3) Fase 2: Nesta fase são inseridos os projetos de monitoramento da usina, tais como CFTV.
- 4) Fase 3: Geralmente são documentos de projetos menos prioritários na ordem de entrega, tais como sala de controle, almoxarifado e hidrossanitários
- 5) Fase 4: Dedicado a projetos de supervisorio e acompanhamento da usina. São os projetos que envolvem o acompanhamento da usina, tal como sistemas SCADA e estações solarimétricas.
- 6) Fase 5: Entrega de estudos especiais, tais como estudos de proteção e seletividade e também dados de curto circuito.
- 7) Fase 6: São todos os documentos técnicos de equipamentos, tais como datasheets e manuais.

Na **Tabela 6** é possível visualizar outro exemplo de registro.

Tabela 6 - Exemplo de registro de documento, nome do arquivo e fase

Documento	Nome do Arquivo	Fase
Diagrama Unifilar Geral	SR4_DE_UN_BA_EL_001_R00.pdf	1

Fonte: Próprio Autor

4.2.6 Comentário e nível

Nessas categorias, foram registrados os comentários específicos de cada documento analisado pela contratante. O objetivo era ser o mais detalhado possível para que não gerasse dúvidas para a empresa projetista, tanto para correções de projetos como para melhorias para os casos em que coubesse.

Esses comentários foram classificados em três diferentes níveis. O primeiro, para comentários que não impactassem diretamente o projeto. Para esse nível de comentário, não é necessária urgência de correção e geralmente são erros de escrita e tamanhos de fonte. Já para o nível dois, são registrados comentários que impactam no entendimento do projeto ou indagações/sugestões de melhoria. Nessa categoria estão erros na codificação, informações

incoerentes em cabeçalhos e legendas e sugestão de melhoria. Por último, no nível três, estão os comentários que impactam diretamente na execução/operação da usina. Podem ser erros de cálculo, dimensionamento de equipamentos e dados conflitante entre documentos que não foram percebidos durante a revisão da empresa projetista, conforme exemplo da **Tabela 7**.

Tabela 7 - Exemplo de registro de documento, comentário e nível

Documento	Comentário	Nível
Diagrama Unifilar Geral	Isolamento do cabo deverá ser de 25kV por conta da tensão de entrada da rede elétrica da distribuidora	3

Fonte: Próprio Autor

4.2.7 Tipo de comentário, categoria e tipo de projeto

Em razão do comentário realizado, também foi realizada a classificação quanto a seu tipo. São sete tipos de comentário: cálculo incorreto, escrita incorreta, especificação de equipamento, falta de clareza, falta de informação, informação incorreta e melhoria de projeto.

Já para a categoria, o objetivo é especificar melhor os pontos em que acontecem os tipos de comentários. São 41 categorias que definem melhor e ajudam a compreender o comentário realizado pela empresa contratante, conforme **Quadro 4**.

Quadro 4 - Categorias utilizadas para registros de documentos

Assinaturas	Datas	Legenda
Aterramento	Diagrama	Localização de Estruturas
Atividades Executadas	Disjuntor	Melhoria
Barramento	Drenagem	Memorial de Cálculo
Cabeamento	Encaminhamento	Módulos
Cabeçalho	Endereço	Notas
Cabos	Escala	Para-raios
Cercamento	Escrita	PDE
Chave Fusível	Estação Meteorológica	Protocolo
Código	Estrutura	Revisão
Cópia	Iluminação	String
Corrente	Informação	Transformador
Cotas	Inversor	Unidade de Medida
Dados da projetista	Layout	

Fonte: Próprio Autor

Por último, para entender em que projetos mais ocorrem os comentários, também foi registrado o tipo de projeto. São sete tipos distintos e com eles, é possível entender quais as áreas precisam de maior atenção por recorrência de comentários.

- 1) **Aterramento:** Projetos de proteção de surtos elétricos e cargas de fuga. Dessa forma, tanto os equipamentos quanto as pessoas que estão envolvidas na operação da usina ficam protegidas através de um sistema de SPDA.
- 2) **Civil:** Projetos de competência da engenharia civil. Geralmente são suportes, estruturas, bases de montagem de equipamentos, drenagem e escoamento de águas e construção de arranjos sanitários.
- 3) **Controle:** Documentos para o controle e gerência de projetos. São os cronogramas de obra e listagens de documentações.
- 4) **Drenagem:** Documentos que dizem respeito à movimentação de terra e escoamento pluviométrico. No geral, podem ser projetos de drenagem e terraplanagem.
- 5) **Elétrico:** Projetos de competência da engenharia elétrica. São diagramas unifilares, memoriais de cálculo elétrico, dimensionamento de condutores, proteções elétricas e simulações elétricas da planta.
- 6) **Proprietário:** Documentos referentes à questões burocráticas, tais como licenciamentos, dados do cliente, cadastro do terreno e alvarás.
- 7) **Sinalização:** Documentos de sinalização da planta, tais como placas, adesivos e quaisquer artefatos que indicam informações ou instruções de comportamento na construção e operação da planta.
- 8) **Sistema Supervisório:** Projetos e documentos para o controle e gerência da usina, tais como sistema de comunicação de segurança e controle remoto da usina. Dentre eles, é possível citar o controle de câmeras de segurança e sistemas SCADA.

Dessa forma, para o exemplo dado na **Tabela 8**, a existência dos seguintes registros:

Tabela 8 - Exemplo de registro de documento, tipo de comentário, categoria e tipo de projeto

Documento	Tipo de Comentário	Categoria	Projeto
Diagrama Unifilar Geral	Especificação de Equipamento	Cabos	Elétrico

Fonte: Próprio Autor

Dessa forma, para o comentário de exemplo, foram registradas todas as categorias conforme a **Tabela 9**.

Tabela 9 - Exemplo de registro de documentação

Projetista	Usina	Documento	Código	Revisão	Extensão	Nome do Arquivo	Data do Upload
PROJETISTA UM	SR4	Diagrama Unifilar Geral	SR4_DE_UN_BA_EL_001	0	pdf	SR4_DE_UN_BA_EL_001_R00.pdf	03/03/2023
Data último Status	Status Construmanager	Fase	Comentário	Nível	Tipo de Comentário	Categoria	Tipo de Projeto
06/03/2023	Liberado para obra c/ Ressalvas	1	Isolamento do cabo deverá ser de 25kV por conta da tensão de entrada da rede elétrica da distribuidora	3	Especificação de Equipamento	Cabos	Elétrico

Fonte: Próprio Autor

5. RESULTADOS

Para o estudo da análise dos documentos, os resultados foram divididos em cinco categorias: Documentos, Categorias de Projetos, Comentários, Projetista e Usinas. Para efeitos práticos, serão destacados os principais resultados e observações, sendo ilustrados através de gráficos apenas os pontos mais significativos. Por fim, serão realizadas discussões a respeito dos resultados obtidos e sugestão de melhorias para projetos futuros.

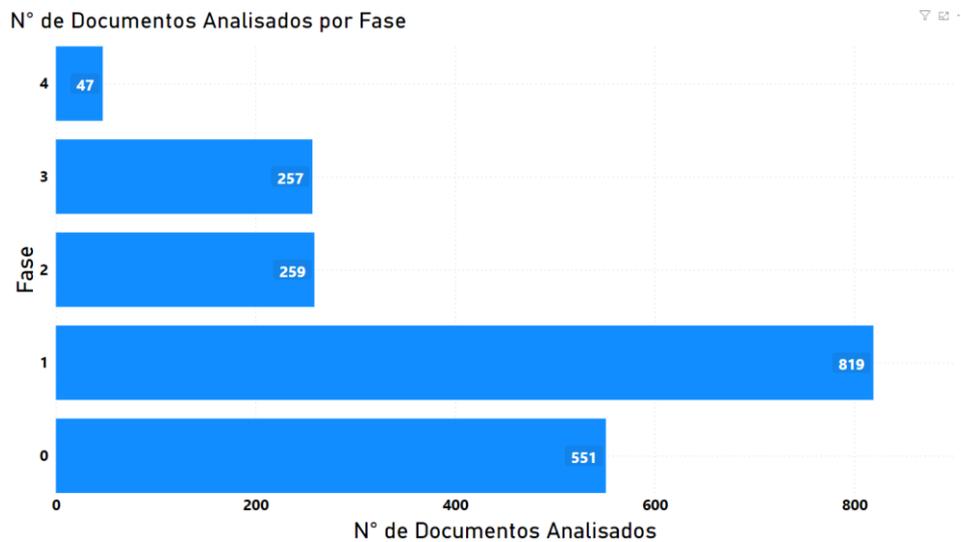
5.1 Documentos

Nesta categoria foram analisados quais os documentos ou projetos que apresentavam problemas, tanto com relações a revisões como com tempo de análise pela contratante. De acordo com a **Tabela 10** e **Gráfico 2**, existem alguns parâmetros gerais com relação aos registros de documentação.

Tabela 10 - Informações de documentos

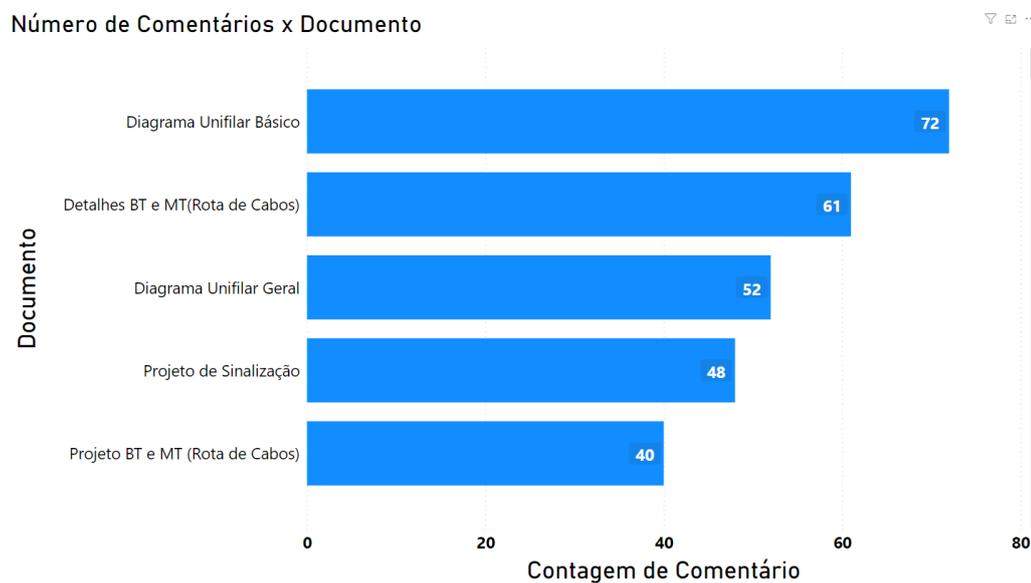
Nº de Documentos Listados	135
Nº de Revisões	521
Nº de Revisões Reincidentes	156
Nº de Documentos Analisados	1933
Nº de Documentos Liberados	1543
Nº de Documentos Comentados	390
Nº de Comentários	759
Tempo Médio de Análise (Dias)	2,71
Tempo Média para Revisão (Dias)	19,68

Fonte: Próprio Autor

Gráfico 2 - Número de documentos analisados por fase

Fonte: Próprio Autor

Dessa forma, com relação ao número de comentários, os destaques de distribuição são apresentados conforme **Gráfico 3**.

Gráfico 3 - Número de comentários por documento

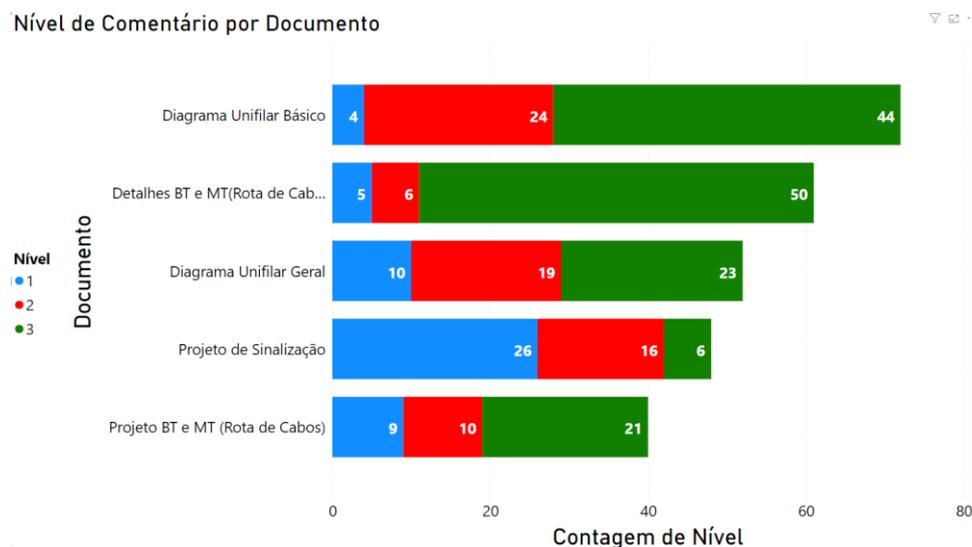
Fonte – Próprio Autor

Observa-se que o projeto que apresenta maior número de comentários é o diagrama unifilar básico, com 72 comentários realizados. Como se trata do modelo inicial, é natural que existam muitas correções e tratativas a serem realizadas. O diagrama unifilar básico não são apresentados todos os detalhes e é apenas um esboço para conferir a viabilidade do projeto.

Com isso, destaca-se também o número de comentários em diagrama unifilar geral (52) e nos projetos e detalhes de rotas de cabos (40 e 61). Esses projetos também são diretamente impactados pelos detalhes adicionados após o primeiro esboço. Por último, também é possível salientar que, para este projeto em específico, houve diversos comentários com relação aos documentos de sinalização devido as normas regulamentadoras, informações técnicas apresentadas em placas e adesivos elaborados.

Além disso, para os documentos apresentados, foram distribuídos conforme **Gráfico 4** de acordo com os níveis de comentários.

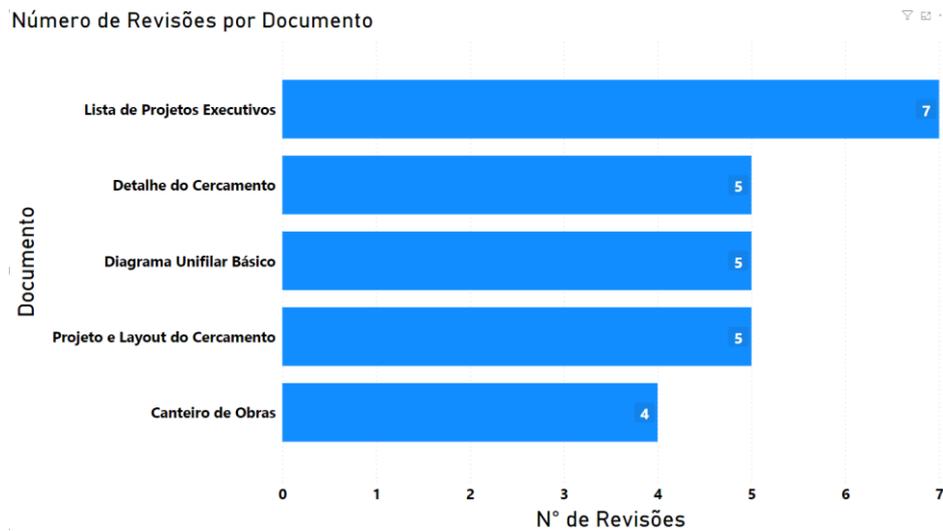
Gráfico 4 - Nível de comentário por documento



Fonte: Próprio Autor

É possível observar que para os diagramas unifilares e projetos de rotas de cabos, apresentaram em sua maioria comentários de nível três. Isso se deve ao caráter técnico desses documentos. Já para projeto de sinalização, é possível perceber que a maioria dos comentários foram classificados como nível um, tendo menor prioridade com relação à urgência e dificuldade para correções.

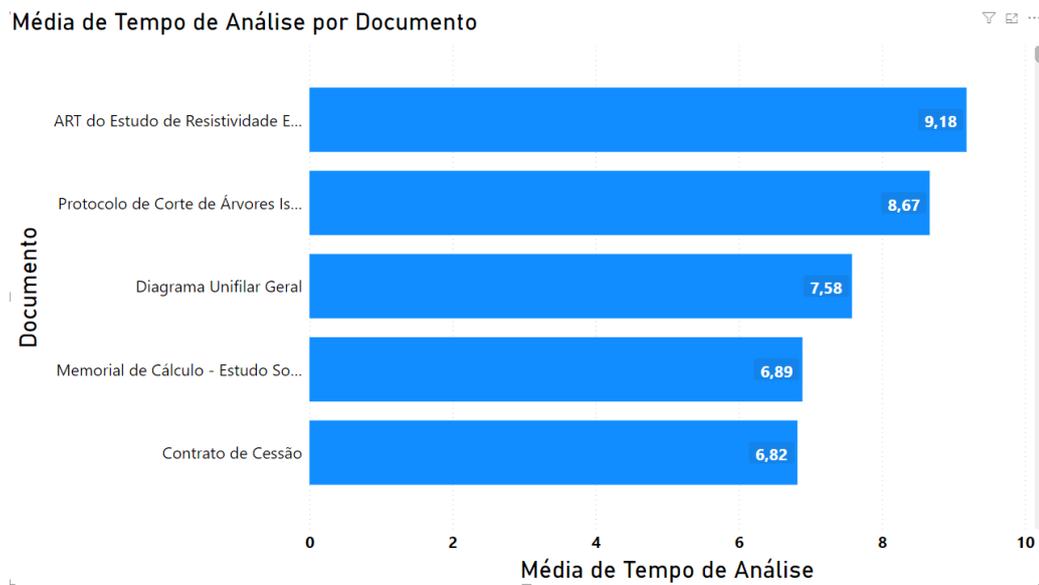
Outro parâmetro utilizado para verificar a complexidade de um projeto é a quantidade de revisões ao qual ele precisa sofrer até a sua liberação definitiva. Para o estudo realizado, foi percebido que um grande número de revisões podia significar que o projeto apresentava detalhes que não estavam sendo percebidos. Outra possibilidade era a de que a comunicação das ressalvas não estava sendo totalmente compreendida entre a empresa projetista e a empresa contratante. No **Gráfico 5** é possível visualizar os cinco projetos que apresentaram maior quantidade de revisões.

Gráfico 5 - Número de revisões por documento

Fonte: Próprio Autor

Como a lista de projetos e cronograma de uma instalação sofre diversas modificações durante o seu andamento, é comum que esse seja o documento com maior número de revisões. Dessa maneira, esses registros precisam ser constantemente atualizados até o término da construção. Para as usinas em questão, houve projeto com recorrências nos projetos da fase de mobilização, ou seja, projetos e detalhes de cercamento (5 cada) e canteiro de obras (4). Além disso, como comentado anteriormente, por conta das definições iniciais, o diagrama unifilar também apresentou destaque com relação ao número de revisões (5).

Com relação à contratante, é possível observar os destaques conforme **Gráfico 6**. Como ilustrado através da **Tabela 10**, o tempo médio para a análise de documentos foi de 2,71 dias. No entanto, alguns projetos apresentaram tempo de análise bem superior. Dentre esses projetos, a ART de Estudo de Resistividade Elétrica foi a que apresentou maior tempo médio para análise. Somando-se a essa ART, o projeto de hidrossanitários e estudo de sondagem do solo também tiveram tempos consideráveis de análise. Por fim, também houve atrasos com relação a verificação de documentos ambientais, tais como protocolos e licenças.

Gráfico 6 - Média de tempo de análise (dias) por documentos

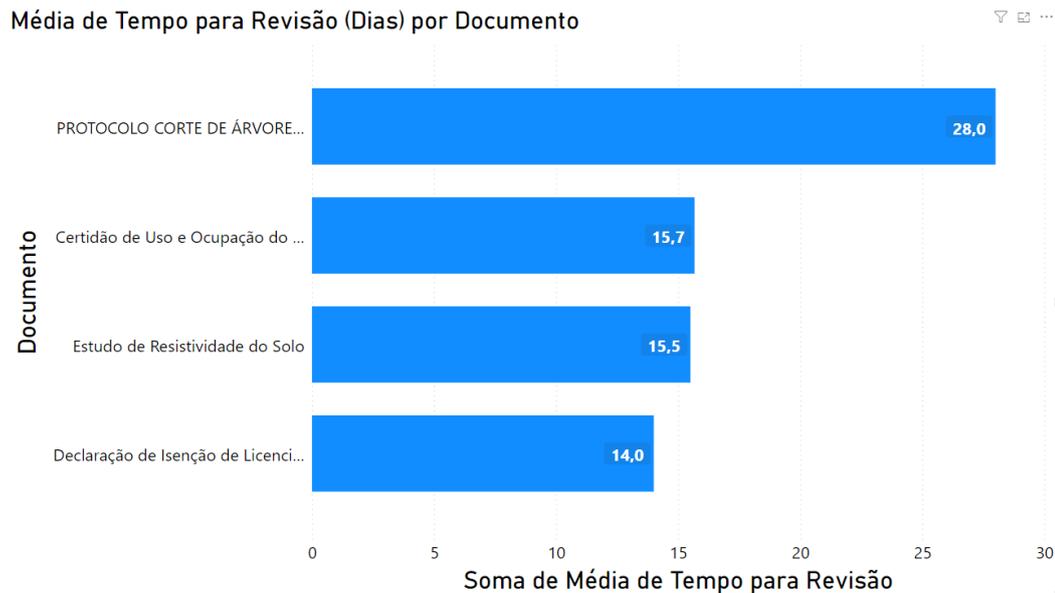
Fonte: Próprio Autor

Vale ressaltar que o tempo de análise não é proporcional à complexidade dos documentos. Muitas são as variáveis que podem gerar atraso na verificação de um arquivo. Uma delas pode ser considerada a baixa prioridade dada pela contratante na ordem de entrega dos documentos. Por exemplo, a entrega de memoriais de cálculo de canteiros de obra é prioritária com relação aos memoriais de cálculo de CFTV. Isso se dá pelo fato de que os canteiros de obras serão construídos primeiro com relação ao sistema de segurança. Outro ponto importante que também pode ocasionar o atraso é o encaminhamento de documentação entre os diversos setores da empresa. Como existem documentos que são multidisciplinares e não dependem necessariamente de apenas uma área técnica para ser aprovada, muitas vezes é preciso a comunicação entre times de mais de uma competência. Como exemplo, é possível citar a escolha de terreno da usina, onde é necessário a aprovação da sala técnica, time de segurança, financeiro e jurídico. Apenas com a avaliação de todas essas competências, é possível entender a viabilidade de uma área.

Outro dado que deve ser cuidadosamente analisado é o tempo para que haja a modificação de algum projeto. De acordo com o **Gráfico 7**, verifica-se os projetos que apresentaram maior tempo para que houvesse a correção ou alteração de revisão. Esse valor pode representar a celeridade com a qual a empresa projetista revisa seus projetos de forma geral. A maior parte dos documentos são de caráter burocrático e algumas vezes não dependem da empresa projetista diretamente. No entanto, se isolarmos os projetos por usinas, de acordo com o **Gráfico 8**, existem alguns pontos de alerta. Do valor elevado no número de dias para

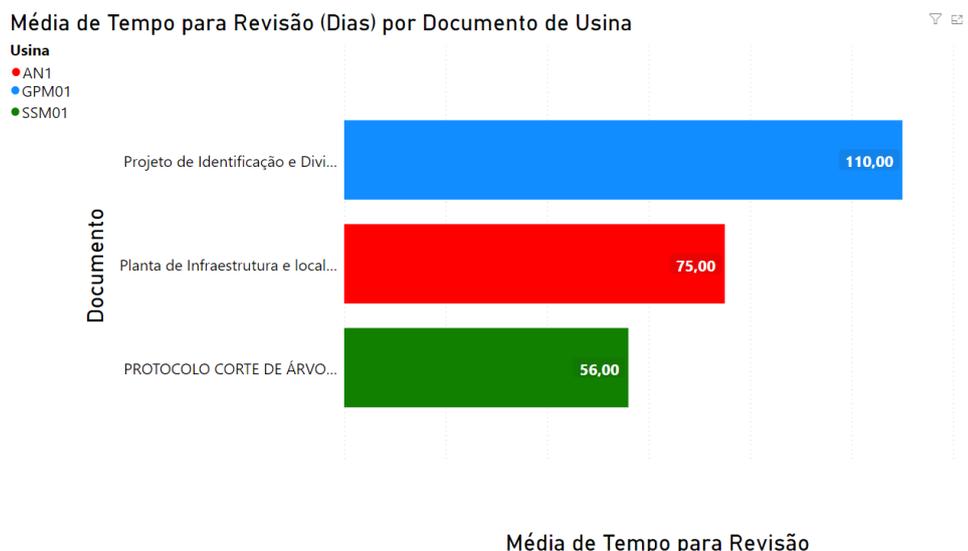
que houvesse revisão nos projetos apresentados, extrai-se a informação de que a necessidade de mudança foi verificada em um estágio já avançado da obra. Dessa forma, para a correção de erros, significa que houve variáveis não consideradas nos projetos ou que as falhas não foram verificadas pelo time de revisão. Esses projetos necessitam ser cuidadosamente verificados para mitigar danos de construção e de operação da usina.

Gráfico 7 - Média de tempo para revisão (dias) por documentos



Fonte: Próprio Autor

Gráfico 8 - Tempo de revisão (dias) por documento de usina

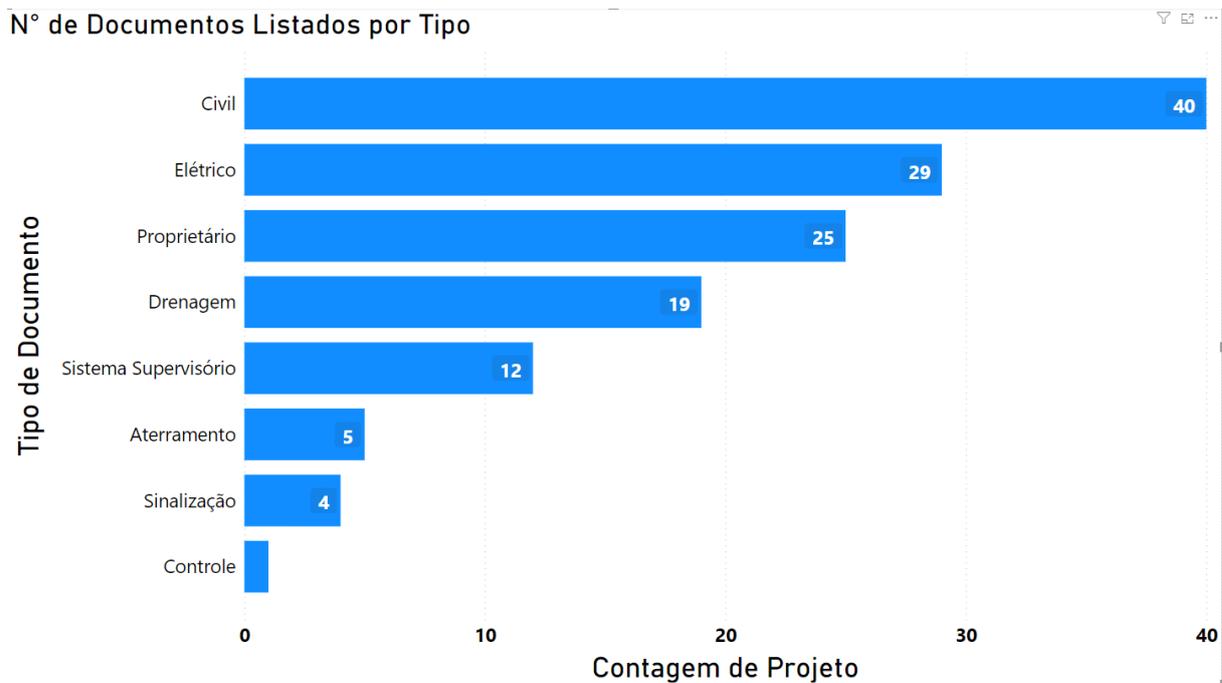


Fonte: Próprio Autor

5.2 Categorias de Projetos

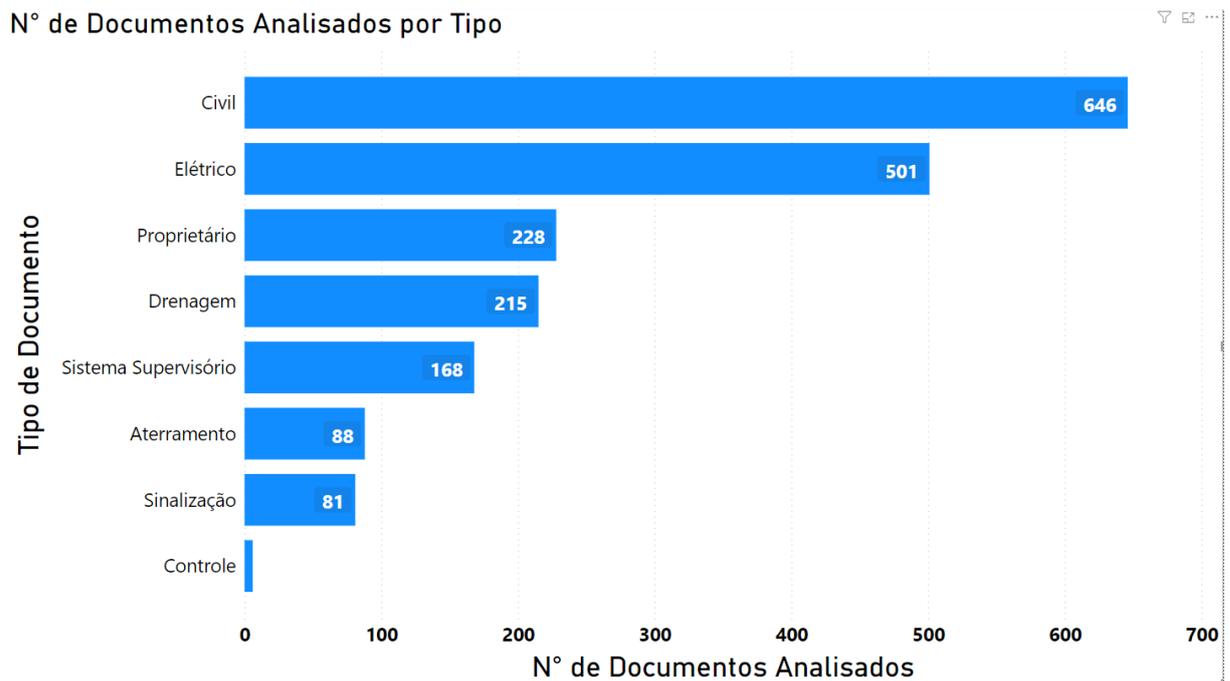
De acordo com os dados registrados, é possível entender melhor como foram divididas as documentações das usinas. Dessa forma, quanto ao tipo de documento, a separação ocorre de acordo com a **Gráfico 9**.

Gráfico 9 - Número de documentos listados por tipo de projeto



Fonte: Próprio Autor

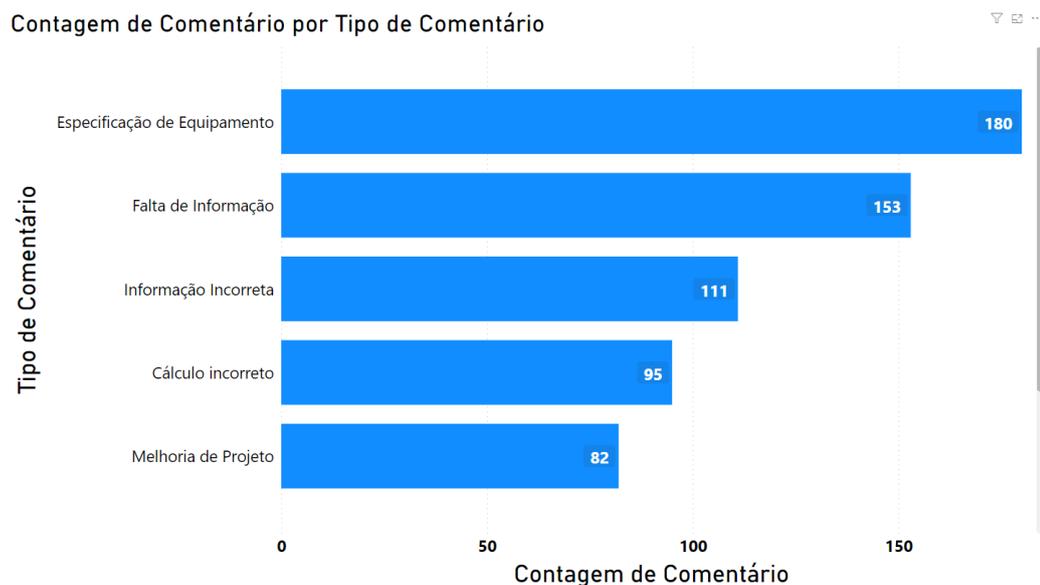
Essa distribuição apresenta comportamento semelhante ao número de documentos verificados pela contratante, conforme **Gráfico 10**. Com um valor de aproximadamente 35% de todos os projetos das instalações, esse dado é curioso, visto que por se tratar de uma usina solar, a ideia mais natural seria de que os projetos elétricos apresentassem maior volume. Apesar de se tratar de projetos civis com menor complexidade estrutural com relação ao setor imobiliário, por exemplo, essas usinas têm volumosos estudos a respeito de fundações de equipamentos, estrutura de montagem das mesas e trackers, além de projetos de controle de acesso à obra.

Gráfico 10 - Número de documentos analisados por tipo de projeto

Fonte: Próprio Autor

5.3 Comentários

Para todos os comentários realizados nos projetos e documentos, foram registrados os seus tipos e categorias, conforme explicitado no capítulo 4. Desta forma, houve destaque com relação ao tipo conforme **Gráfico 11**.

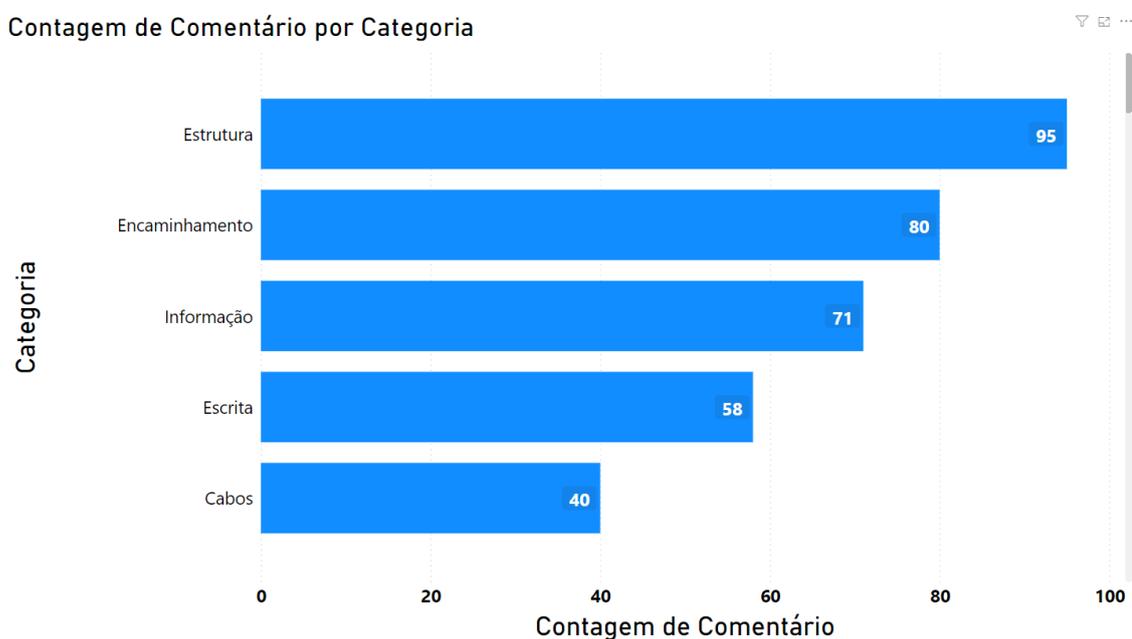
Gráfico 11 – Número de comentários por tipo de comentário

Fonte: Próprio Autor

É possível observar que a maior quantidade de comentários foi feita a respeito da especificação de equipamentos. Dessa forma, é necessário que tanto a empresa contratante como as empresas projetistas tenham atenção com relação a esse item. Como se tratam de projetos técnicos com muitos dispositivos diferentes envolvidos, é natural que esse tipo de comentário seja o mais realizado. No entanto, também destaca-se que falta de informações e informações incorretas também foram destacadas. Quanto maior o projeto que será realizado, maior o número de detalhes que devem ser apresentados. Com isso, outro ponto que deve ter prioridade é a gerência das informações apresentadas, de forma a mitigar os erros enviados nos projetos elaborados.

Para as categorias adotadas nas classificações dos comentários, os destaques são apontados no **Gráfico 12**. Para as categorias adotadas, os comentários que apresentaram maior quantidade de ocorrências foram os de estrutura. Isso se dá pelo elevado número de projetos civil incluídos nos projetos de usinas FV. Além disso, também existe destaque para os projetos que envolvem encaminhamento e especificações de condutores, informações incoerentes de documentação e erros de escrita.

Gráfico 12 - Número de comentários por categoria

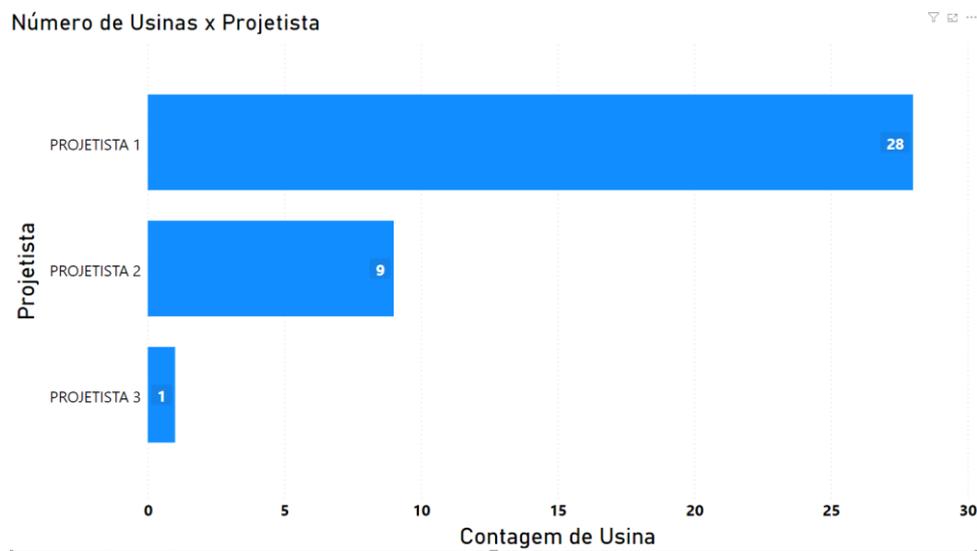


Fonte: Próprio Autor

5.4 Projetista

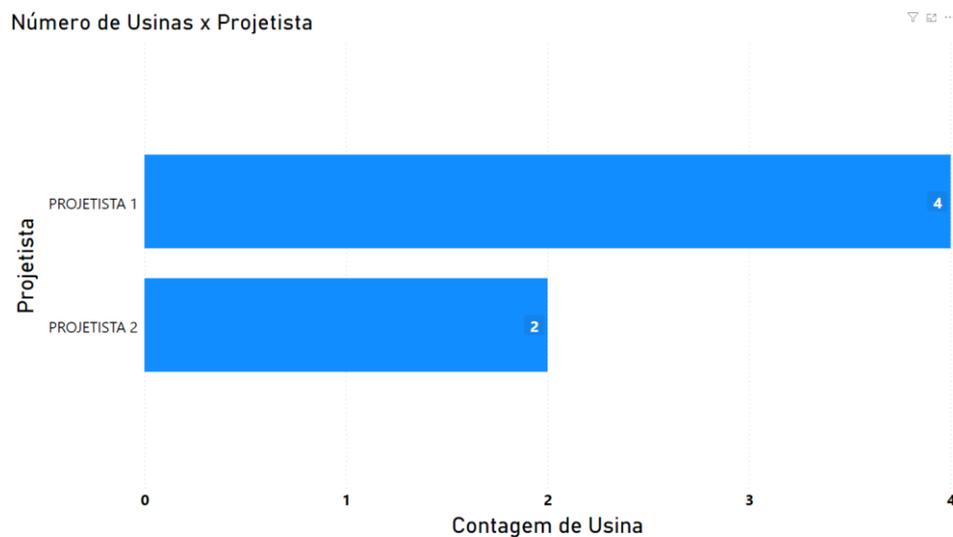
Para o estudo de desempenho das empresas projetistas, é necessário primeiramente entender como se encontram suas responsabilidades. Até o dia em que foram coletados os registros, as projetistas apresentavam a seguinte divisão com relação ao número de usinas, de acordo com o **Gráfico 13**. No entanto, devido ao processo burocrático, inviabilidade econômica e técnica encontradas durante a fase de elaboração dos projetos, algumas foram canceladas, conforme **Gráfico 14**.

Gráfico 13 - Número de usinas ativas por projetista



Fonte: Próprio Autor

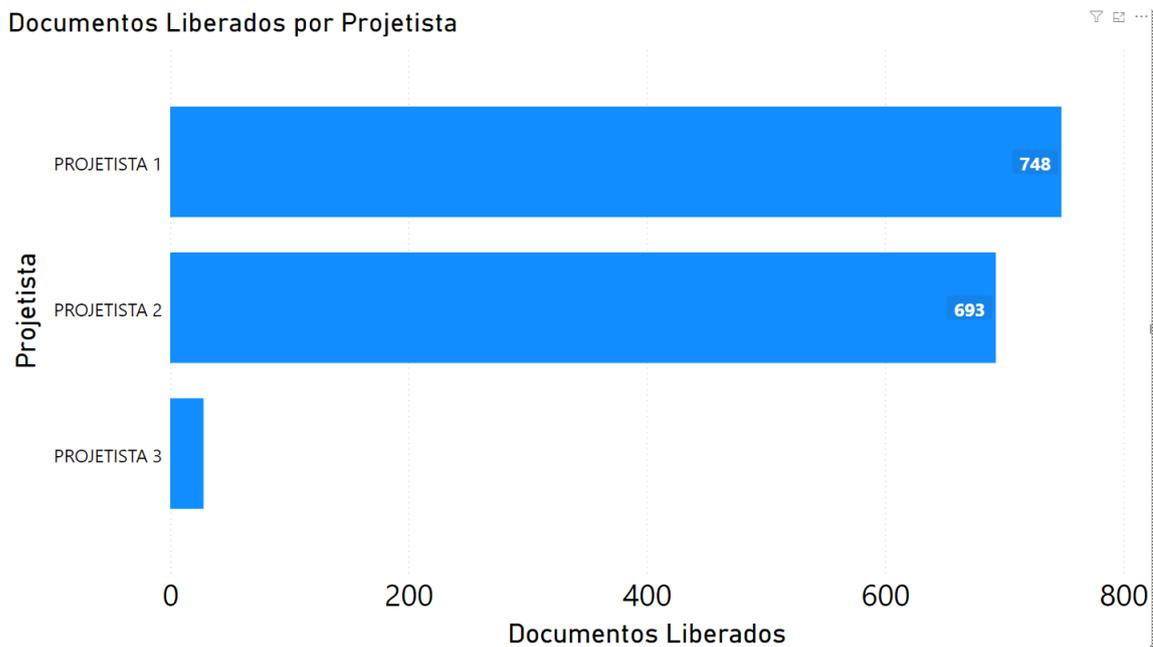
Gráfico 14 - Número de usinas canceladas por projetista



Fonte: Próprio Autor

Já com relação ao número de documentos liberados, o volume enviado pela empresa projetista um é semelhante a empresa projetista dois, mesmo com responsabilidade menor com relação ao número de usinas. Mesmo iniciando os projetos na mesma época, a empresa dois apresentou maior complexidade no envio de projetos, assim como é demonstrado pela quantidade de documentos liberados do **Gráfico 15**. Utilizando a **Tabela 11**, é possível verificar que o andamento dos projetos da empresa projetista dois está com o melhor andamento até a última data de coleta dos registros.

Gráfico 15 - Número de documentos liberados por projetista



Fonte: Próprio Autor

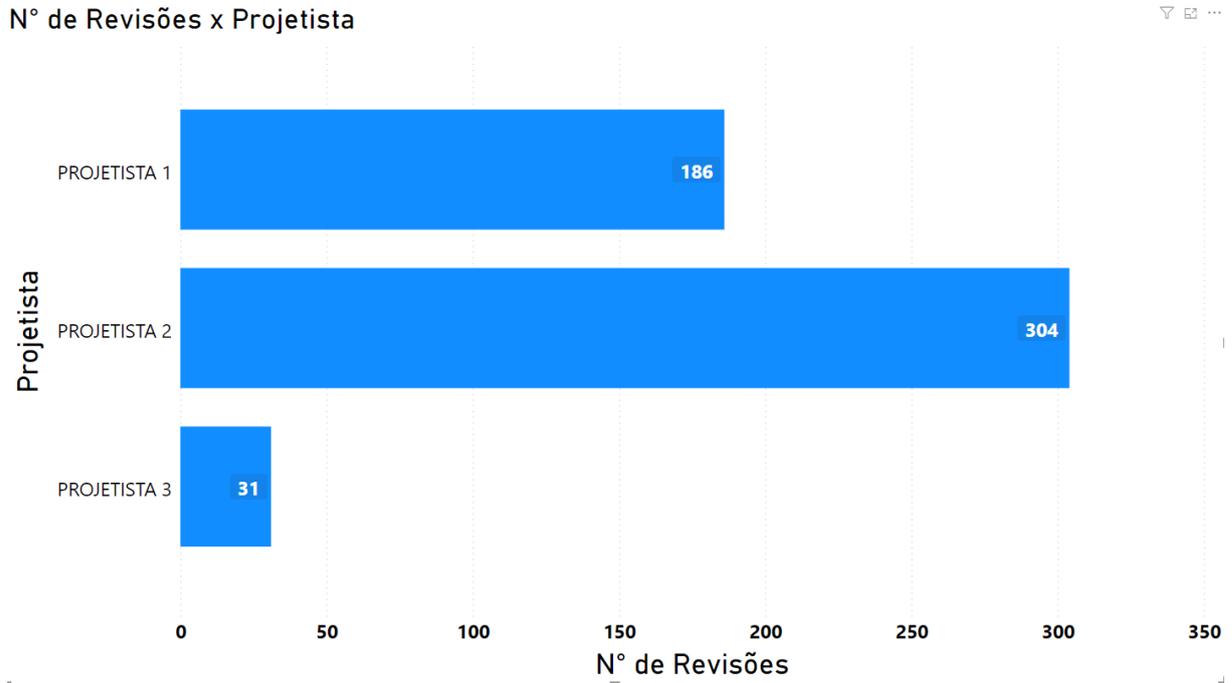
Tabela 11 - Andamento de projetos por projetista

PROJETISTA	Nº DE PROJETOS TOTAIS	Nº DE PROJETOS ENTREGUES	PORCENTAGEM DE ENTREGUES
PROJETISTA 1	3528	748	21,20%
PROJETISTA 2	1352	693	51,26%
PROJETISTA 3	125	28	22,40%

Fonte: Próprio Autor

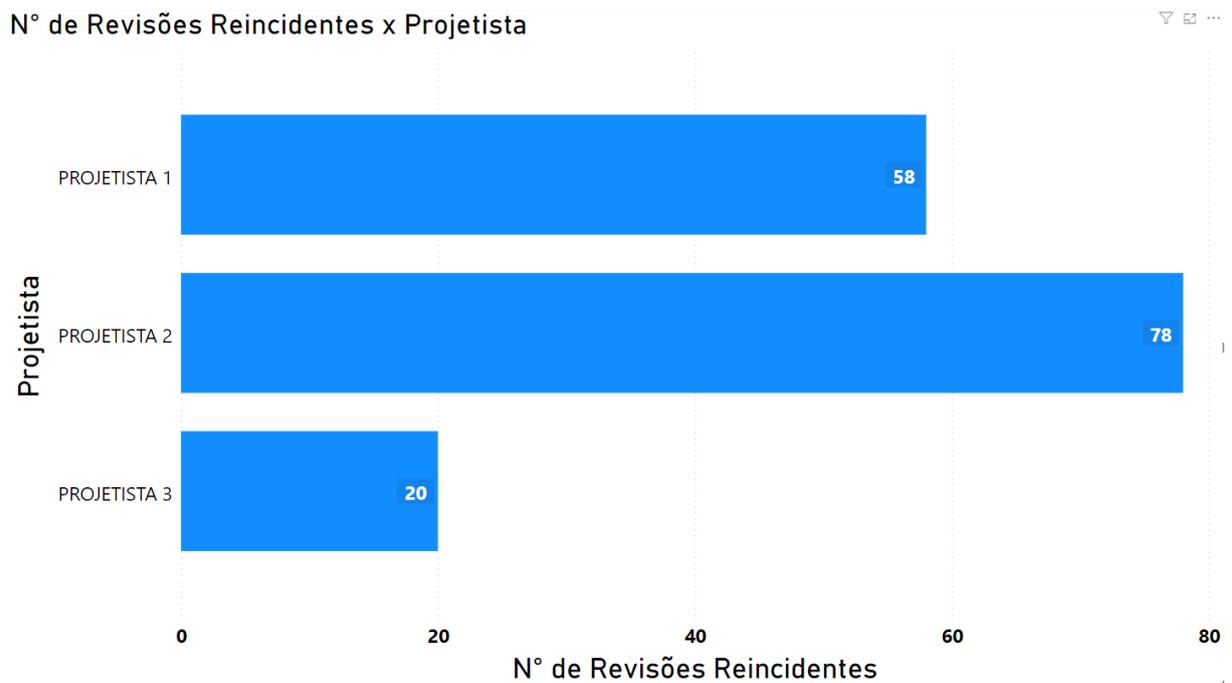
A respeito do número de revisões de cada uma das empresas estudadas, o seguinte comportamento é apresentado, conforme **Gráfico 16**, **Gráfico 17** e **Gráfico 18**.

Gráfico 16 - Número de revisões por projetista

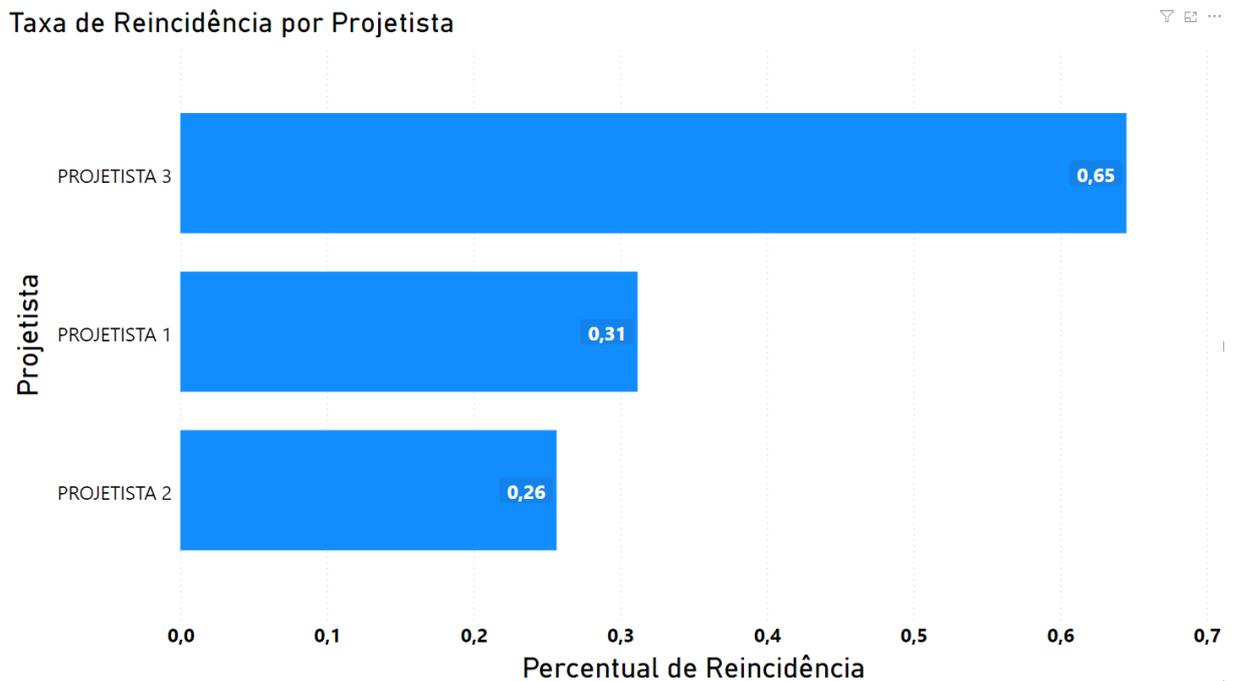


Fonte: Próprio Autor

Gráfico 17 - Número de revisões reincidentes por projetista



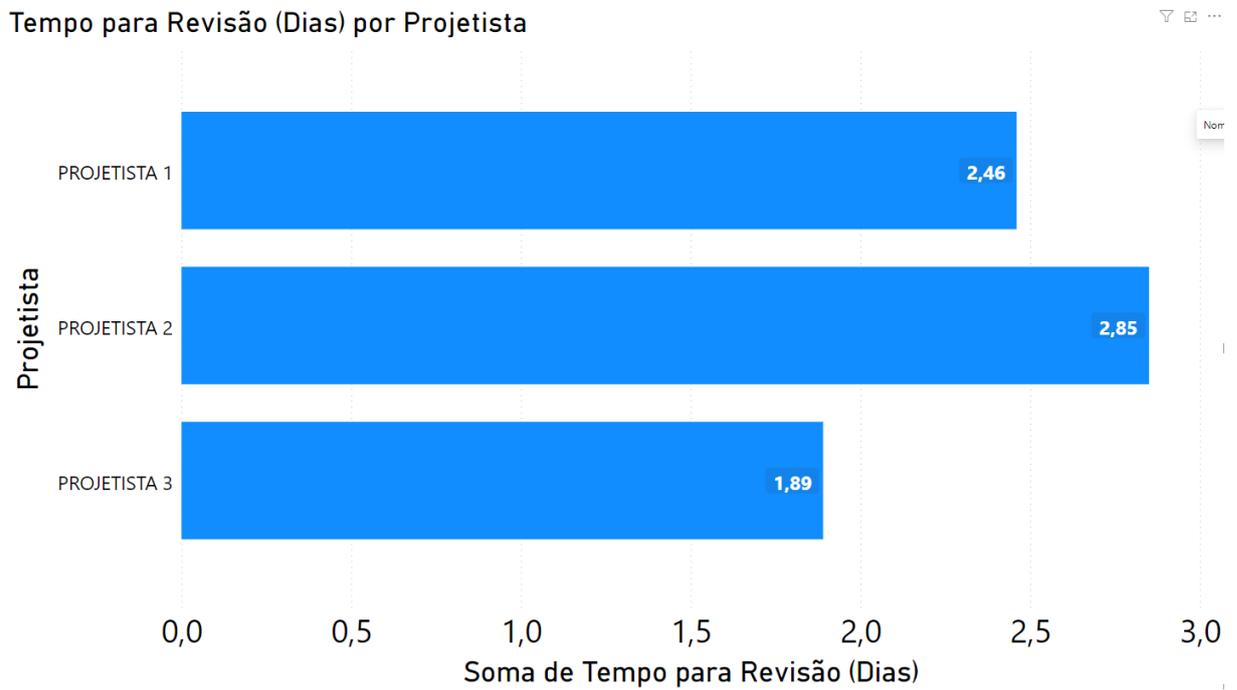
Fonte: Próprio Autor

Gráfico 18 - Taxa de reincidência por projetista

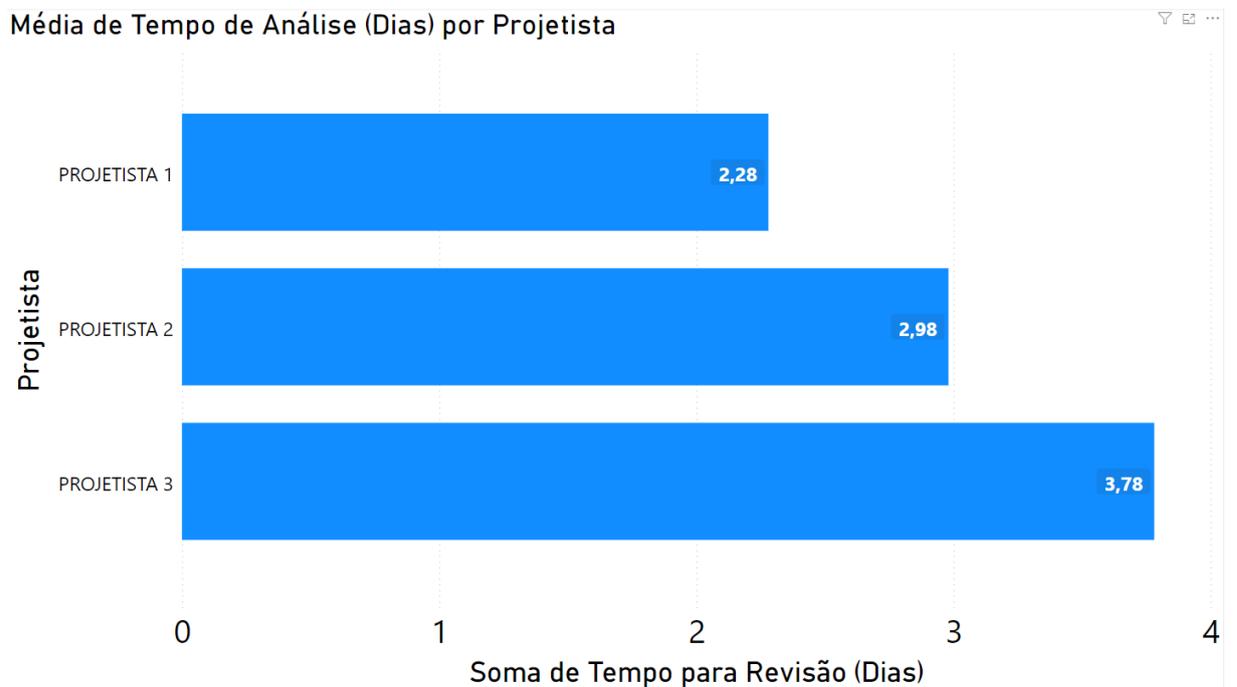
Fonte: Próprio Autor

Com essas informações de revisão, conclui-se que a empresa projetista três apresentou maior reincidência nas revisões apresentadas. Isso significa que os comentários realizados pela contratante não foram atendidos ou que as revisões que chegaram apresentaram novos problemas que precisaram ser corrigidos novamente. Para a empresa três esse é um péssimo indicativo, o que pode demonstrar falta de experiência nesse tipo de atividade. Já a empresa dois apresentou o menor valor de reincidência dos projetos. Isso demonstra que existe a melhor comunicação com a contratante e que as observações ou correções estão sendo atendidas sem a necessidade de retrabalho.

Para o estudo de desempenho quanto ao tempo de revisão e de análise, houve as distribuições de média de acordo com o **Gráfico 19** e **Gráfico 20**. Com relação ao tempo de revisão, a empresa projetista três apresentou a maior velocidade para a entrega de revisões. No entanto, se comparado com o número de revisões por documento comentado anteriormente, observa-se que mesmo tendo celeridade das correções, o número de recorrências é superior. Essa análise precisa ser realizada de forma a entender que dependendo da situação, o número de revisões, mesmo sendo entregues rapidamente, impacta diretamente na velocidade de liberação do projeto. Já pra a projetista dois, a média do tempo de revisão é superior, no entanto, o número de revisões por documento é menor.

Gráfico 19 - Média de tempo para revisão (dias) por projetista

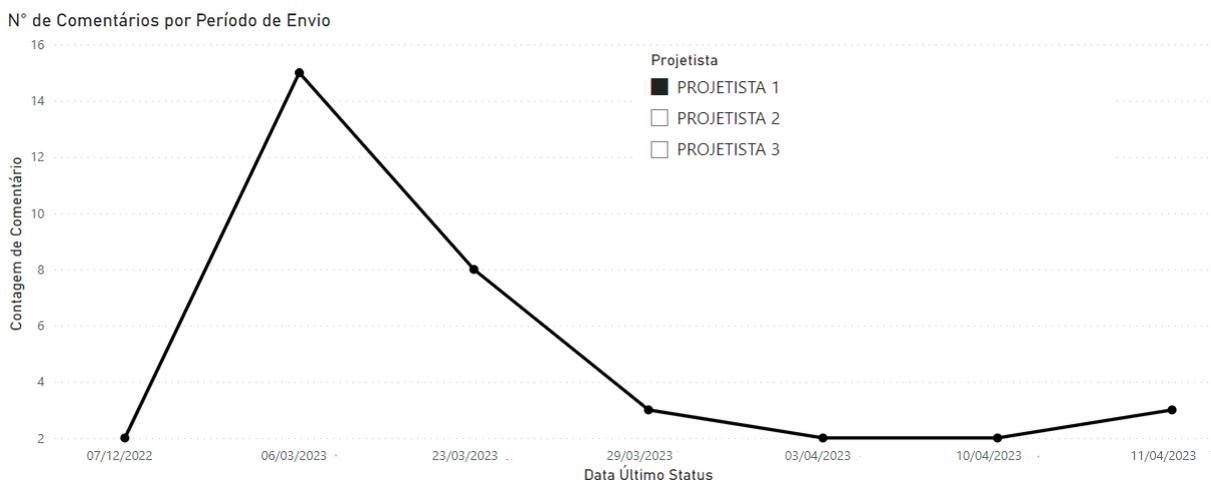
Fonte: Próprio Autor

Gráfico 20 - Média de tempo de análise (dias) por projetista

Fonte: Próprio Autor

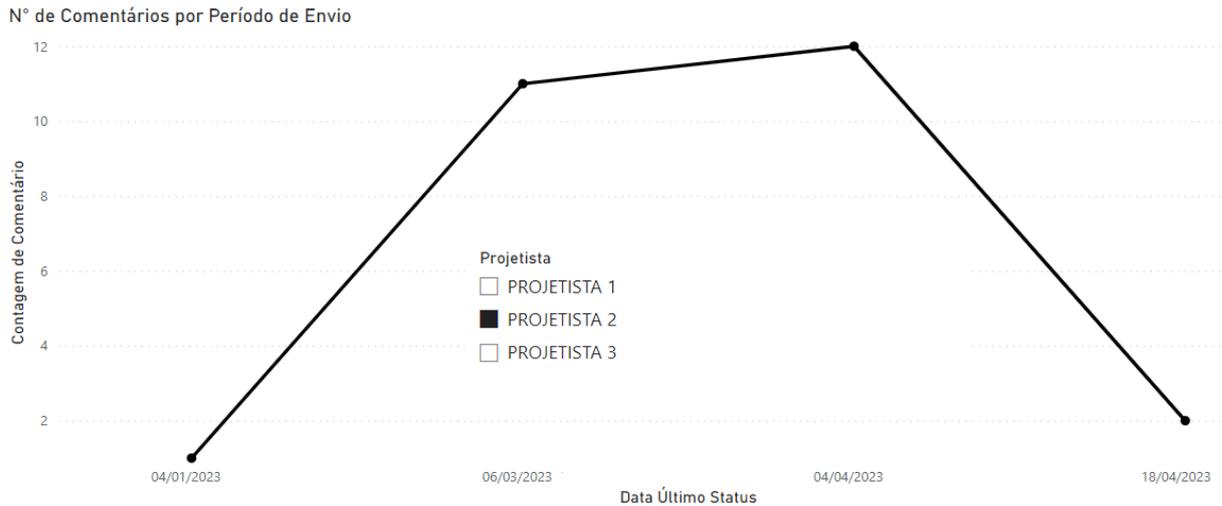
Por último, outro dado retirado das informações registradas é a capacidade de aprendizado das projetistas para usinas diferentes. Por exemplo, um comentário realizado em um diagrama unifilar de uma usina, pode servir como lição para os projetos que venham a ser elaborados para as próximas usinas. Dessa maneira, será utilizado o projeto com maior número de comentários, que é o Diagrama Unifilar Básico, para realizar um estudo do progresso de aprendizado das empresas projetistas. Pelo **Gráfico 21** e **Gráfico 22**, verifica-se que para a empresa projetista um, o número de comentários reduziu bastante com o envio de novos documentos de diagramas unifilares. Já pra a projetista dois, apesar da redução apresentada no fim da curva, ainda houve registros elevados de comentários e correções. Esse comportamento ainda pode ser alterado quando as usinas em que esses projetos ainda não foram elaborados forem introduzidas.

Gráfico 21 - Número de comentários realizados em projeto de diagrama unifilar básico da projetista um



Fonte: Próprio Autor

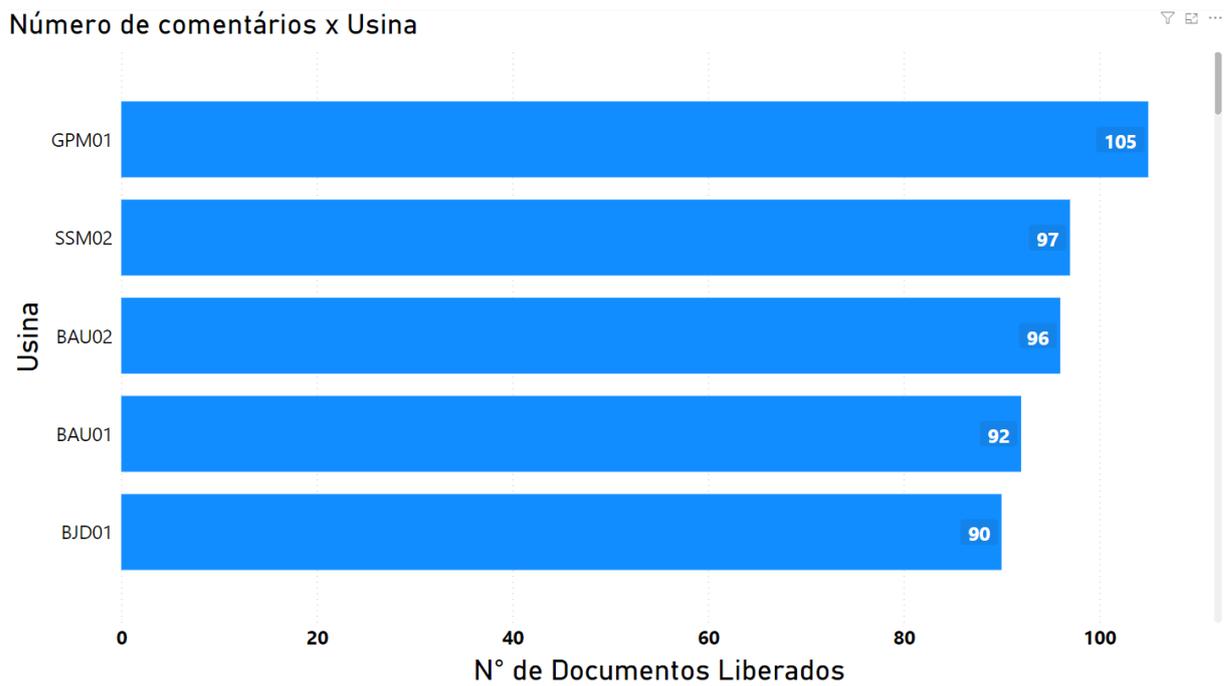
Gráfico 22 - Número de comentários realizados em projeto de diagrama unifilar básico da projetista dois



Fonte: Próprio Autor

5.5 Usinas

Assim como para as projetistas, cada usina apresenta singularidades próprias. Dessa forma, serão analisados componentes semelhantes em cada instalação individual, de forma a entender qual obra apresenta maiores dificuldades. Para realizar o estudo das usinas, inicialmente serão mostrados seus panoramas e status. Até o momento de registro dos dados, os destaques com relação ao número de documentos estão de acordo com o **Gráfico 23**. Utilizando a **Quadro 5**, é possível verificar que o andamento dos projetos da usina GPM01 está com o melhor andamento. Também é importante verificar que todas as usinas destacadas são de responsabilidade da empresa projetista dois, o que demonstra maior eficiência na entrega de seus documentos e projetos.

Gráfico 23 - Número de documentos liberados por usina

Fonte: Próprio Autor

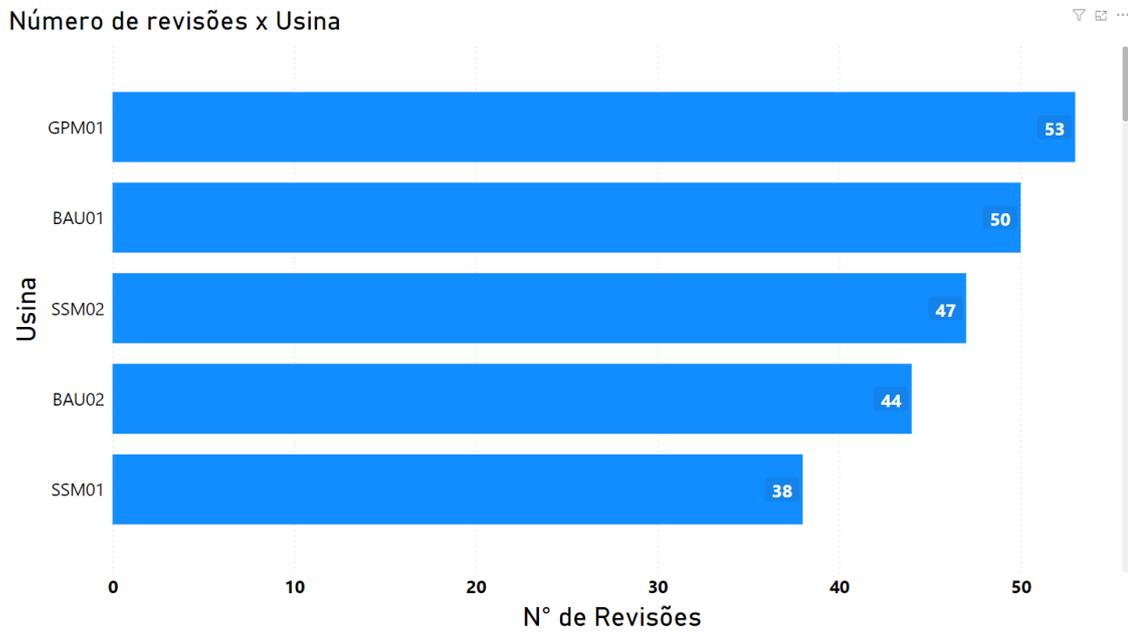
Quadro 5 - Informações de andamento de projetos

USINA	Nº DE PROJETOS TOTAIS	Nº DE PROJETOS ENTREGUES	PORCENTAGEM DE ENTREGUES
GPM01	169	71	42,01%
SSM02	169	67	39,64%
BAU02	169	65	38,46%
BAU01	169	61	36,09%
SSM01	169	60	35,50%

Fonte: Próprio Autor

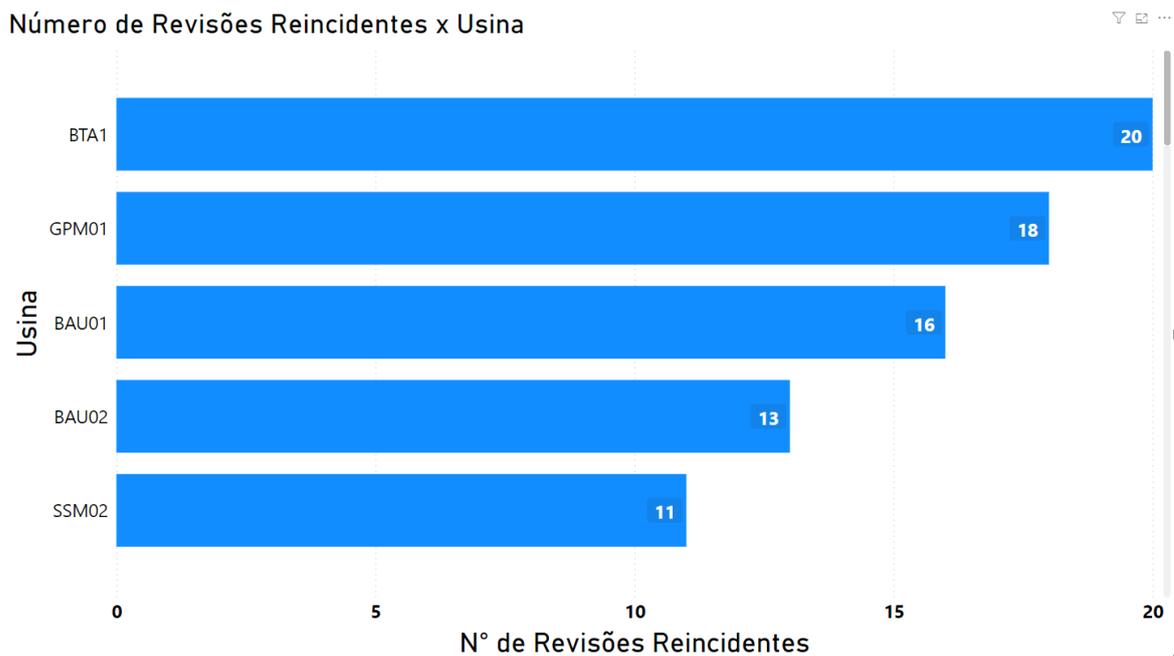
A respeito do número de revisões de cada uma das usinas estudadas, sua distribuição é dada conforme **Gráfico 24**, **Gráfico 25** e **Gráfico 26**:

Gráfico 24 - Número de revisões por usina

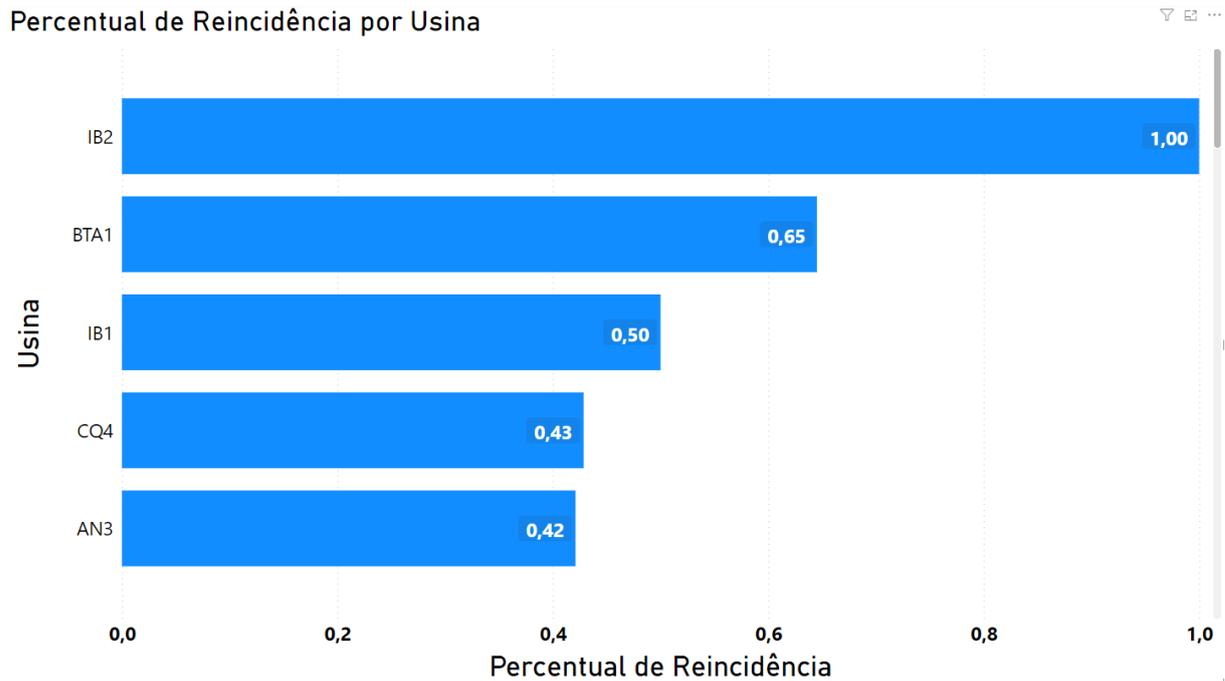


Fonte: Próprio Autor

Gráfico 25 - Número de revisões reincidentes por usina

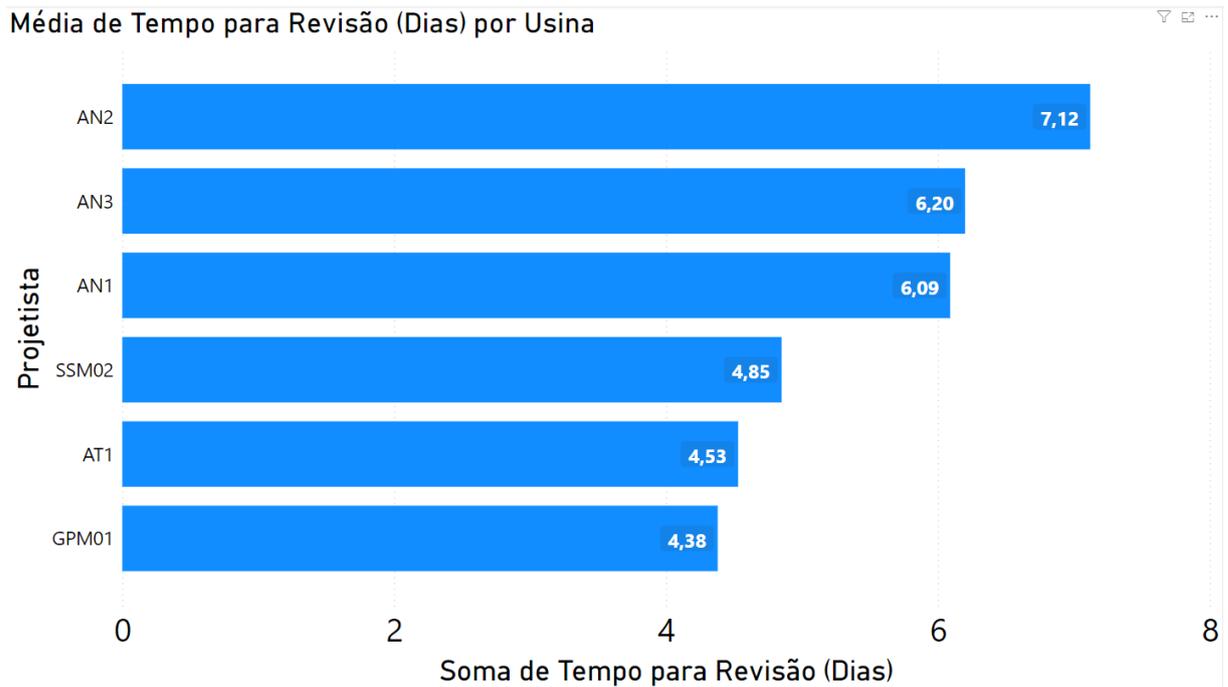


Fonte: Próprio Autor

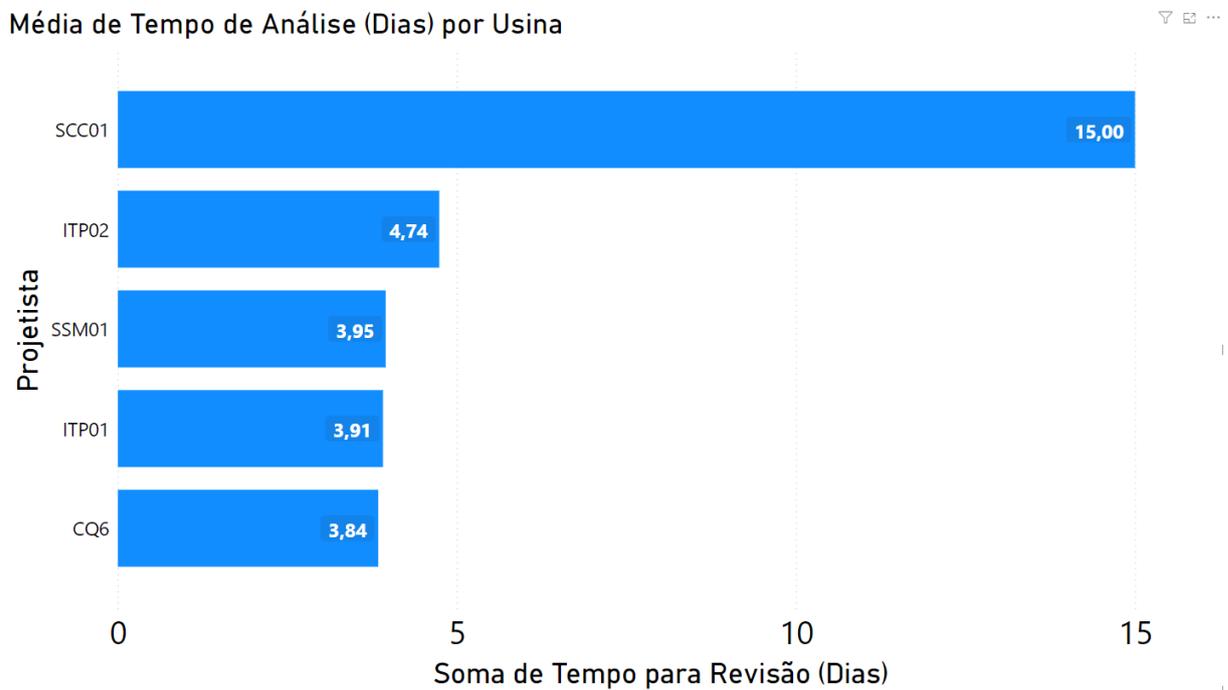
Gráfico 26 - Taxa de reincidência por usina

Fonte: Próprio Autor

Como IB1 e IB2 apresentam baixo volume de projetos apresentados até o momento, a taxa de reincidência de revisão é bastante elevado. Em IB2, apenas um documento necessitou de revisão e foi reincidente. Como o número de projetos é bastante reduzido, não é possível realizar uma análise precisa sobre essas usinas. Já para as outras usinas, que já estão com documentações em níveis avançados, é realizada uma análise mais fiel do cenário de revisões. Para BTA1, cuja responsável é a empresa três, seu baixo rendimento está de acordo com a análise realizada no tópico 5.3. Dentre as usinas listadas como destaque de reincidência, não houve ocorrências de nenhuma usina de responsabilidade da projetista dois.

Gráfico 27 - Média de tempo para revisão (dias) por usina

Fonte: Próprio Autor

Gráfico 28 - Média de tempo de análise (dias) por usina

Fonte: Próprio Autor

Ao contrário do tópico 5.3, onde foi mostrado que o maior tempo para análise de revisões era dado pela projetista dois, para o estudo individual das usinas, os destaques vão para os de responsabilidade da projetista um, conforme **Gráfico 27**. Com isso, a conclusão é de que as usinas localizadas na área de Anápolis apresentaram grandes desafios e correções. Com maior número de usinas em sua responsabilidade, apesar do destaque negativo entre as três primeiras usinas com menor velocidade de revisão, o número de usinas da projetista um constante entre as instalações com mais velocidade de entrega.

Já com relação ao tempo de análise por parte da contratante, é importante salientar que das usinas apresentadas no **Gráfico 28**, as usinas SCC01, ITP02 e ITP01 tiveram suas obras canceladas por inviabilidade técnica. Isso demonstra que, em casos onde o estudo sobre a continuação ou interrompimento de uma usina esteja em andamento, é natural que seja poupada energia em trabalhos cuja certeza de andamento não existe.

5.6 Resumo dos resultados

Com os dados registrados nos tópicos anteriores do capítulo cinco, foi possível verificar quais os maiores desafios na construção das instalações estudadas. Além disso, também foi possível destacar pontos de atenção e de melhoria tanto para o andamento dos projetos como para instalações futuras. Como foram analisadas mais de uma empresa projetista, os resultados podem ser expandidos para estudo de forma geral. A **Tabela 13** apresenta um quadro resumo das informações extraídas anteriormente para os documentos analisados.

Tabela 12 - Resumo dos resultados (documentos)

Análise	Documentos destacados	Comentário	Sugestão de melhoria
Número de comentários/nível de comentários	Diagrama Unifilar Básico, Detalhes BT e MT(Rota de Cabos), Diagrama Unifilar Geral, Projeto de Sinalização e Projeto BT e MT (Rota de Cabos)	Foi observado que além de grande volume na quantidade de comentários realizados pela contratante, também apresentou nível elevado a respeito das observações.	Maior atenção na elaboração dos projetos por parte da projetista, visto que são projetos fundamentais e impactam diretamente na operação da usina.
Número de revisões	Lista de Projetos Executivos, Detalhe do Cercamento, Diagrama Unifilar Básico, Projeto e Layout do Cercamento, Canteiro de Obras	Para alguns documentos, como a listagem de projetos e os projetos básicos, é natural o elevado número de revisões. No entanto, para os projetos executivos, muitas revisões signica recorrência de erros ou observações.	Para os projetos executivos, melhorar a comunicação entre a empresa projetista e a empresa contratante, de forma a manter claro as observações registradas. Essas observações podem ser atendidas ou não, no entanto, se faz necessário o consenso entre ambas as partes
Média de tempo de análise	ART do Estudo de Resistividade Elétrica, Projeto de Hidrosanitários, Estudo de Sondagem do Solo (SPT), Licença Ambiental e Protocolo de Corte de Árvores	O tempo para análise impacta no cronograma de obras, visto que caso tenha alguma observações ou falha encontrada no projeto, o documento ainda passará por revisões.	Verificar a complexidade de análise dos projetos para priorizar aqueles que são facilmente examinados. Documentos considerados de fácil análise podem ser liberados com antecedência para que não gere impedimentos de projetos que estão relacionados.
Média de tempo para revisão	Protocolo de corte de árvores, certidão de uso e ocupação do solo, estudo de resistividade do solo, isenção de licenciamento ambiental	De forma geral, a maior tempo de revisão são dos documentos burocráticos e que dependem de órgão públicos para sua liberação. No entanto, é necessário ter atenção a projetos isolados que apresentam revisões com espaçamento muito grande, dado o andamento das obras.	Melhorar a revisão de projetos, tanto pela empresa projetista como pela empresa contratante, de forma que o número de projetos modificados após a chegada em campo seja mitigada.

Fonte: Próprio Autor

Já com relação aos tipos de projetos, foi possível verificar que o maior número de documentos apresentava caráter civil. Isso significa que tanto as empresas projetistas quando a empresa contratante deve dispor de um número de profissionais e equipe qualificada para essa especificação.

Outro ponto que deve ser notado, são os comentários realizados nos projetos. Com relação ao seu tipo, os que apresentaram maior quantidade foram os projetos de especificação de equipamento. Esses comentários devem ser avaliados com bastante cuidado, visto que como se trata de projetos técnicos e envolvem muitos dispositivos, falhas nessa categoria podem impactar na operação da usina. Já a respeito da categoria, os comentários em estruturas apresentaram maior volume, o que pode estar ligado à proporção de projetos civis. Para os documentos em destaque, cabe à empresa projetista averiguar os comentários para que eles não sejam repetidos nas próximas instalações.

Quanto a projetista, foi verificado o desempenho individual de cada uma delas, conforme **Tabela 14**.

Tabela 13 - Resumo dos resultados (projetistas)

	Projetista um	Projetista dois	Projetista três
Número de usinas em andamento	28	9	1
Taxa de projetos entregues (%)	22%	52%	23%
Taxa de reincidência (%)	31%	26%	65%
Média de tempo para análise (dias)	2,28	2,98	3,78
Média de tempo para revisão (dias)	2,46	2,85	1,89
Comentários	Apesar do maior número de usinas, apresentou projetos claros e objetivos, de forma que a análise se fez com o menor tempo médio. Dentre as projetistas, costuma devolver os projetos revisados em um tempo médio favorável. Além disso, o número de comentários realizados com os andamentos dos projetos apresentou uma queda considerável, o que se adequa ao padrão de qualidade da empresa contratante.	Apesar do tempo ser maior para a correção de revisões e comentários, a projetista dois apresenta a menor taxa de reincidência de projetos. Isso significa que a comunicação com a empresa contratante está funcionando bem e que os comentários e observações estão sendo atendidos.	Apresenta o menor número de usinas. Mesmo com o tempo médio de revisões reduzido, apresentou elevada taxa de reincidência em seus projetos. Isso significa que as modificações realizadas em seus projetos não estão sendo eficazes e que a comunicação com a contratante pode não ser ideal. Além disso, o maior tempo para análise dos projetos que são entregues também pode significar complexidades aos quais são apresentados os dados e estudos.

Fonte: Próprio Autor

Por fim, assim como no estudo realizado para as empresas projetistas, também foram analisadas as usinas individuais, visto que cada projeto tem suas características específicas. Com isso, foi possível montar a **Tabela 15**.

Tabela 14 - Resumo dos resultados (usinas)

Análise	Usinas destacadas	Comentário
Número de documentos liberados	GPM01, SSM02, BAU02, BAU01 e BJD01	As usinas que apresentaram maior quantidade de projetos liberados são todas de responsabilidade da empresa projetista dois.
Número de revisões por usina	GPM01, BAU01, SSM02, BAU02 e SSM01	Apesar de ter destaque no número de projetos liberados, a usinas de responsabilidade da projetista dois também apresenta os maiores destaques com relação ao número de revisões. No entanto, isso também demonstra que os comentários e observações realizadas também estão sendo verificados e devolvidos para liberação.
Número de revisões reincidentes	BTA1, GPM01, BAU01, BAU02 e SSM02	A usina BTA1 apresentou o maior número de revisões reincidentes. Como essa usina é a única da projetista três, o seu desempenho demonstra todos os seus status de documentação
Taxa de reincidência	IB2, BTA1, IB1, CQ4 e AN3	Como IB2 e IB1 ainda não possuem um volume considerável de projetos, não é possível ter dados conclusivos quanto ao rendimento da instalação.
Média de tempo de revisão	AN2, AN3, AN1, SSM02, AT1 E GPM01	A maior parte das usinas em destaque por tempo elevado na média de tempo de revisão é de responsabilidade da projetista um, ao contrário da análise realizada sobre as projetistas.
Média de tempo de análise	SCC01, ITP02, SSM01, ITP01 e CQ6	Das usinas destacadas com tempo de análise maior que a média, três das cinco vieram a ser canceladas pela empresa contratante por inviabilidade.

Fonte: Próprio Autor

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou um estudo a respeito de diversos projetos de instalações de usinas FV. Cada uma delas, apresentava características específicas de obra e singularidades de planejamento. Além disso, como foram realizados por empresas projetistas diferentes, também foi possível entender seus comportamentos e individualidades.

Para realizar os estudos o primeiro passo foi categorizar os tipos de falhas/melhorias entre equipamentos, fases de entrega e tipos de projeto. Este objetivo foi alcançado seguindo a metodologia desenvolvida através dos registros cadastrados na plataforma construmanager. Com diversos parâmetros registrados para cada evento, foi possível entender o histórico das ocorrências e com isso, realizar um estudo sobre as informações coletadas.

Após a análise dos registros, foi possível entender o comportamento de projetos específicos, em que pontos estão as maiores dificuldades. Essas análises são fundamentais para a empresa contratante, fazendo que ela consiga planejar com antecedência onde será necessário investir maior atenção durante as fases dos projetos. Além disso, através desse estudo, também é possível compreender quais documentos apresentam maiores recorrências de revisões e quais os comentários mais frequentes. Dessa forma, é possível perceber quais os maiores gargalos na entrega dos projetos e tomar ações com base nisso.

Além disso, com o estudo de desempenho das empresas projetistas, é possível ter informações sobre o prazo de entrega dos documentos, se eles estão seguindo o padrão de qualidade da empresa contratante e tomar providências sobre a viabilidade delas em projetos futuros ou não. Foi possível verificar que a empresa projetista 1 apresenta resultados medianos entre as envolvidas, na maioria dos pontos analisados. Para a empresa projetista 2, foi possível entender que ela necessita de maior tempo para verificação de correções, mas que costuma entregar com maior assertividade as correções realizadas. Esse comportamento entre em detrimento da empresa projetista 3, que realiza mudanças nas documentações de maneira ágil, mas com novas necessidades de correções. Com isso, é possível garantir maior rendimento para a entrega dos ativos através da qualidade, planejamento e celeridade entre as envolvidas.

Por último, como análise das usinas de forma individual, entendeu-se quais plantas apresentaram os maiores desafios. Como cada uma apresenta características particulares, é possível tomar ações de forma antecipada para a fase de construção da usina com base na dificuldade apresentada em seus projetos. Além disso, pelas informações de demora na entrega de revisões dos projetos de cada uma, foi possível inferir que quanto maior o seu tempo, maior

é a chance de que o projeto venha a ser cancelado. Isso acontece devido a moderação na energia gasta em projetos cujas dificuldades possam trazer a inviabilidade dos ativos.

São deixadas, como sugestões para trabalhos futuros:

- 1) A conclusão da análise de todos os projetos após o término das instalações.
- 2) Modelar e incluir estudo com outros parâmetros, tais como análise por responsável técnico do projeto, análise por extensão de arquivo.
- 3) Análise de impacto de revisões no cronograma inicial das instalações.
- 4) Abranger controle e análise dos pontos na fase de construção da usina.
- 5) Incluir análise de compras e entregas de equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABSOLAR. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo**. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 15 mai. 2023.
- ANEEL. **Resolução Normativa ANEEL Nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.000-de-7-de-dezembro-de-2021-368359651>>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- ANEEL. **Tarifas e Informacoes Economico-Financeiras**. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/tarifas-e-informacoes-economico-financeiras>>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:2004, – Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro: [s.n], 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419:2015, Proteção contra descargas atmosféricas**. Rio de Janeiro: [s.n], 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16690:2013, – Instalações Elétricas de Arranjos Fotovoltaicos — Requisitos de Projeto**. Rio de Janeiro: [s.n], 2013.
- BALKAN GREEN ENERGY NEWS. **Global solar power to cross 200 GW annual installation threshold in 2022**. Disponível em: <<https://balkangreenenergynews.com/global-solar-power-to-cross-200-gw-annual-installation-threshold-in-2022/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- BEHRANGRAD, M. A review of demand side management business models in the electricity market. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 47, n. C, p. 270–283, 2015.
- BOMTEMPO, Tullio Barros Silva. **Engenharia civil forense: Principais causas de incidentes em obras de engenharia civil e procedimentos de investigação**. Acta de Ciências e Saúde, v. 2, n. 1, p. 1-13, 2017.
- CONSTRUMANAGER. **Plataforma para gestão de projetos de construções**. Disponível em: <<https://construmanager.construmarket.com.br/>>. Acesso em: 25 jun. 2023.
- DEPARTMENT OF ENERGY AND MINERAL ENGINEERING. **What are concentrating photovoltaics?** Disponível em: <<https://www.e-education.psu.edu/eme812/node/537>>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- DUARTE. T.S . **Estudo de viabilidade de uma usina solar de 5 MW com tracker**. 2021. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.
- ENERGÊS. **História da Energia Solar**. Disponível em: <<https://energes.com.br/historia-da-energia-solar/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- ENERGÊS. **Entenda como funciona o seguidor solar (tracker)**. Disponível em: <<https://energes.com.br/seguidor-solar-tracker/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.
- EPE. **Balanco Energético Nacional 2022**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

EPE. **Consumo Mensal de Energia por Classe**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

FABRÍCIO, Marcio Minto. **Projeto Simultâneo na construção de edifícios**. São Paulo, 2002. Tese de Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FRAAS, L. M. **Low-Cost Solar Electric Power**, Springer, 2014

FRITSCH, L. **DIMENSIONAMENTO DE USINA FOTOVOLTAICA PARA AUTOPRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA INDÚSTRIA**. Curso de Engenharia de Energia - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

GOOGLE COLAB. **Plataforma Python**. Disponível em: <https://colab.research.google.com/?utm_source=scs-index>. Acesso em: 20 jun. 2023.

RICHARDSON, L. **What is the history of solar energy and when were solar panels invented?** Disponível em: <<https://news.energysage.com/the-history-and-invention-of-solar-panel-technology/>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

MEDEIROS, G. R. L. **Projeto de sistemas prediais hidráulicos em BIM: adequação dos métodos de cálculo às normas brasileiras através da programação visual**, Fortaleza, 2017. Acesso em: 12 out. 2020.

MELLO, G. N. **Investigação Sobre a Origem de Erros e Inconformidades em Obras de Engenharia Civil**, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

INPE. **Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2ª Edição (2017)**. Disponível em: <http://labren.cst.inpe.br/atlas_2017.html>. Acesso em: 20 jun. 2023.

PEREIRA O. S. et al. **Energia Solar Fotovoltaica**, Revista Brasileira de Energia, 2021

PORTAL SOLAR. **História e origem da energia solar**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/noticias/materias/historia-e-origem-da-energia-solar>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

PORTAL SOLAR. **Painel Solar Fotovoltaico Bifacial**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/painel-solar-fotovoltaico-bifacial>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

PVSYST. **Simulações de projetos FV. [S.l.]: Apta Corporation, 2023**. Disponível em: <<https://www.pvsyst.com/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

PVSYST. **System design board**. Disponível em: <<https://www.pvsyst.com/features/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

PV MAGAZINE. **Geração distribuída solar ultrapassa os 18 GW instalados**. Disponível em: <<https://www.pv-magazine-brasil.com/2023/03/02/geracao-distribuida-solar-ultrapassa-os-18-gw-instalados/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

ROYER, R. W. **What is Quality?: The different definitions of quality**, Quality Progress, 2001

SEVERINO, A. J. **METODOLOGIA DO TRABALHO CIENTÍFICO**. São Paulo: Cortez, 2013.

SILVA, E. L. D. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SOLAR MAGAZINE. **Tipos de painéis solares: no mercado e no laboratório [2023]**. Disponível em: <<https://solarmagazine.com/pt-br/paineis-solares/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

TROMBINI, P. B. **Análise da corrosão em elementos de fixação de uma usina fotovoltaica de solo**. 2021. 62 f. Monografia (ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS) - Universidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, 2021.

VIVA DECORA. **O que é Telha Solar?** Disponível em: < <https://www.vivadecora.com.br/pro/telha-solar/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.