

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

MATHEUS BEGNOR BEDRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PREVISTO E O REALIZADO DE
COEFICIENTES DE CONSUMO DE MÃO DE OBRA**

**PATO BRANCO
2023**

MATHEUS BEGNOR BEDRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PREVISTO E O REALIZADO DE
COEFICIENTES DE CONSUMO DE MÃO DE OBRA**

***COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN EXPECTED AND REALIZED LABOR
CONSUMPTION COEFFICIENTS***

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Prof. Dr. Volmir Sabbi

PATO BRANCO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

MATHEUS BEGNOR BEDRA

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O PREVISTO E O REALIZADO DE
COEFICIENTES DE CONSUMO DE MÃO DE OBRA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

19 de junho de 2023

Volmir Sabbi
Doutor em Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

Jairo Trombetta
Mestrado em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

José Miguel Etchhalus
Mestrado em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco

PATO BRANCO

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família, que sempre torceram pelo meu sucesso, me incentivando e proporcionando tudo que era necessário para meu crescimento e graduação, em especial à minha mãe, Hélia, por me ensinar o verdadeiro significado de resiliência e força. Nada disso seria possível sem vocês.

Agradeço a minha namorada, por todo o apoio, suporte e cobranças para que eu conseguisse concluir meus projetos.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Volmir Sabbi, pela sabedoria e paciência com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas e todas as amizades construídas ao longo do curso, pela companhia diária, todas as recordações e experiências ficarão para sempre guardadas.

A empresa participante do projeto, por prontamente fornecer todas as informações, disponibilizando-se a dar todo o suporte necessário e por acreditar na pesquisa.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar o dimensionamento de mão de obra e os índices de produtividade previstos e realizados em obras de saneamento em concreto armado em diferentes cidades do Brasil, comparando os valores praticados pela construtora e os disponíveis pela literatura. A pesquisa foi conduzida por meio de estudos de caso em obras de saneamento já executadas, sendo coletados dados sobre a Razão Unitária de Produção (RUP) para os serviços de armação, montagem de formas e concretagem. A obtenção das informações foi realizada através de análise de Relatórios diários de obras, além de entrevistas com os profissionais responsáveis pelas obras e pelos preenchimentos dos relatórios em questão. Os resultados encontrados foram analisados e comparados com os bancos de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e ao Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO). Ao finalizar o trabalho foi possível constatar que a utilização de indicadores próprios da construtora reflete com assertividade o realizado quando visto pela RUP Cumulativa, porém diferem em grande escala quando analisados pela RUP individual dos serviços, mostrando uma possível falha na coleta de dados. Espera-se que este estudo contribua para o aprimoramento das práticas de dimensionamento de mão de obra e gestão da produtividade em obras de infraestrutura em concreto armado, resultando em benefícios tanto para as empresas do setor quanto para a sociedade, por meio da melhoria da qualidade e eficiência dessas obras essenciais para o desenvolvimento nacional.

Palavras-Chave: **Coefficientes. Produtividade. RUP.**

BEDRA, Matheus Begnor. **Análise Comparativa Entre o Previsto e Realizado em Coeficientes de Consumo de Mão de Obra. (81 p.)** Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco, 2023.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the sizing and productivity rates predicted and carried out in reinforced concrete sanitation works in different cities in Brazil, comparing the values practiced by the construction company and those available in the literature. The research was conducted through case studies in already executed sanitation works, collecting data on the Unitary Production Ratio (UPR) for the services of framing, assembly of formwork and concreting. Obtaining the information was carried out through the analysis of Daily Works Reports, in addition to interviews with the professionals responsible for the works and for completing the reports in question. The results found were analyzed and compared with the databases of the National System of Research of Civil Construction Costs and Indexes (SINAPI) and the Reference Costs System for Works (SICRO). At the end of the work, it was possible to verify that the use of the construction company's own indicators assertively reflects what was done when seen by the Cumulative RUP, but they differ greatly when analyzed by the individual RUP of the services, showing a possible failure in data collection. It is expected that this study will contribute to the improvement of sizing and productivity management practices in reinforced concrete infrastructure works, resulting in benefits both for companies in the sector and for society, through the improvement of the quality and efficiency of these works essential for national development.

Keywords: **Coefficients. Productivity. UPR.**

BEDRA, Matheus Begnor. **Comparative Analysis Between Expected and Realized in Labor Consumption Coefficients (81 p.)** Civil Engineering Undergraduate Thesis (Bachelor's degree) – Academic Department of Building Construction, Federal Technological University of Paraná – UTFPR, Pato Branco, 2023.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo de Sistema de Medição	18
Figura 2 - Produtividade da mão de obra	22
Figura 3 - Representação genérica de um sistema produtivo.....	23
Figura 4 - Produtividade da mão de obra nos serviços de construção.....	23
Figura 5 - Fluxograma de ações.....	38
Figura 6 - Relatório Diário de Obra	39
Figura 7 - Relatório Diário de Obra	40
Figura 8 - Localização CMPC Sofyts Caieiras.....	41
Figura 9 - Delimitação da área da ETEI	42
Figura 10 - Recorte da planta de implantação da ETEI Caieiras	43
Figura 11 - Planta baixa decantador primário	45
Figura 12 - Cortes e detalhamentos decantador primário	45
Figura 13 - Posicionamento das armaduras de laje de fundo do decantador primário.....	48
Figura 14 - Montagem e travamento das formas metálicas.....	50
Figura 15 - Concretagem da laje de fundo	51
Figura 16 - Decantador Primário finalizado.....	52
Figura 17 - Localização Guapi Papéis	54
Figura 18 - Delimitação da área da ETEI Guapipaéis	54
Figura 19 - Recorte da planta de implantação da ETEI Guapipapéis.....	56
Figura 20 - Planta baixa, corte e detalhamento decantador secundário	57
Figura 21 - Cortes e detalhamento decantador secundário	58
Figura 22 - Montagem e travamento das fôrmas	60
Figura 23 - Concretagem das paredes do Decantador Secundário	60
Figura 24 - Localização Jaepel Papéis e Embalagens	62
Figura 25 - Delimitação da ETEI Jaepel.....	63
Figura 26 - Recorte da planta de implantação da ETEI Jaepel	64
Figura 27 - Planta baixa, corte e detalhamento decantador primário	65
Figura 28 - Cortes e detalhamento decantador primário	66
Figura 29 - Armação laje de fundo decantador primário	68
Figura 30 - Montagem e travamento das fôrmas	69
Figura 31 - Concretagem das paredes do Decantador Primário	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes SINAPI.....	34
Tabela 2 - Coeficientes SICRO	35
Tabela 3 - - Características principais decantador primário.....	44
Tabela 4 - Coeficientes Empresa alvo de estudo	46
Tabela 5 -Dimensionamento total de H.h	47
Tabela 6 - Efetivo realizado de H.h por serviço	52
Tabela 7 - Valores realizados e obtidos via literatura	53
Tabela 8 - Características principais decantador secundário	56
Tabela 9 - Dimensionamento total de H.h	59
Tabela 10 - Efetivo realizado de H.h por serviço	61
Tabela 11 - Valores realizados e obtidos via literatura	61
Tabela 12 - Características principais decantador primário.....	65
Tabela 13 - Dimensionamento total de H.h	67
Tabela 14 - Efetivo realizado de H.h por serviço	70
Tabela 15 - Valores realizados e obtidos via literatura	71

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3	JUSTIFICATIVA	13
4	REFERENCIAL TEÓRICO	14
4.1	Sistemas de indicadores	15
4.1.1	Histórico da Medição por sistema de indicadores	15
4.1.2	Definição de medição de desempenho	17
4.1.3	Tipos de indicadores	20
4.2	Produtividade na construção civil	21
4.3	Razão Unitária de Produção – RUP	24
4.4	fatores influenciáveis	27
4.5	Serviços de estrutura: Formas, armação e concreto	28
4.5.1	Formas	28
4.5.1.1	Formas metálicas	29
4.5.2	Armação	30
4.5.3	Concretagem	31
4.6	Dados referentes a produtividade de serviços	32
4.6.1	SINAPI	33
4.6.2	TCPO	34
4.6.3	SICRO	34
5	METODOLOGIA	36
6	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	40
6.1	ESTUDOS DE CASOS	41
6.1.1	ETEI CAIEIRAS	41
6.1.1.1	Apresentação da ETEI Caieiras quanto a localização	41
6.1.1.2	Estruturas presentes na ETEI Caieiras	42
6.1.1.3	Decantador Primário	44
6.1.1.4	Dimensionamento Previsto	46
6.1.1.5	Serviços Executados	47
6.1.2	ETEI GUAPIPAPEIS	53

6.1.2.1 Apresentação da ETEI Guapipapeis quanto a localização	53
6.1.2.2 Estruturas presentes na ETEI Guapipapéis.....	55
6.1.2.3 Decantador Secundário	56
6.1.2.4 Dimensionamento previsto	58
6.1.2.5 Serviços executados.....	59
6.1.3 ETEI JAEPEL.....	61
6.1.3.1 Apresentação da ETEI Jaepel quanto a localização.....	62
6.1.3.2 Estruturas presentes na ETEI Jaepel	63
6.1.3.3 Decantador Primário.....	64
6.1.3.4 Dimensionamento Previsto	66
6.1.3.5 Serviços Executados	67
6.2 Análise dos resultados	71
6.2.1 ETEI Caieiras.....	72
6.2.2 ETEI GUAPIPAPÉIS	73
6.2.3 ETEI Jaepel	73
7 CONCLUSÃO	75
REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

O avanço da sociedade e as contínuas inovações tecnológicas expõem a necessidade de mudanças no atual panorama da indústria da construção civil. Percebe-se que a construção civil está estagnada em meio à encruzilhada entre a tecnologia e a realidade, tornando evidente a necessidade de melhorar a eficiência e o processo de produção, a fim de evitar perdas excessivas e aumentar a produtividade.

É evidente que as construtoras buscam assegurar sua rentabilidade e reputação, a fim de permanecerem competitivas no mercado. Para isso, é crucial que sejam flexíveis e capazes de se adaptar às novas abordagens de produção, além de encontrar formas de aumentar a eficiência. Investir na melhoria dos processos produtivos e gerenciais torna-se uma estratégia essencial para sobreviver neste setor altamente competitivo.

No entanto, visando diminuir os custos de produção, as empresas têm optado cada vez mais, nas últimas décadas, por terceirizar parte dos serviços para empreiteiras, o que resulta na perda parcial do controle sobre a produtividade e a qualidade. Sob essa visão, é crucial para as empresas reorganizarem e controlarem de forma mais eficiente os processos produtivos, a fim de intervir e corrigir os desvios identificados.

De acordo com Costa (2003), a partir dos anos 1980, surgiu um crescente interesse na indústria da construção civil em relação à gestão da qualidade. No entanto, atualmente, é evidente que nem todas as empresas brasileiras adotaram esse interesse. Algumas empresas, com o objetivo de se destacarem na concorrência empresarial, já possuem métodos para avaliar sua performance, enquanto por outro lado, muitas construtoras baseiam seu planejamento em índices de produtividade de outras empresas e principalmente em dados disponíveis na literatura, o que nem sempre reflete a sua realidade. Esse fato colabora para a falhas no cumprimento de cronogramas planejados e, conseqüentemente, problemas orçamentários e financeiros no empreendimento (NÓBREGA; ROMANO, 2010).

Considerando que a construção civil desempenha uma das forças mais significativas na economia brasileira, é essencial que o setor aproveite o

reconhecimento existente, sobre a importância da implementação de um sistema sólido para medir os indicadores de produtividade (LANTELME, TZORTPOULOS; FORMOSO, 2003).

A medição da produtividade é essencial para tornar o processo o mais eficiente possível, pois produtividade representa a relação entre a produção realizada e os recursos empregados. Um melhor desempenho é alcançado quando é possível obter o mesmo resultado com a menor quantidade possível de recursos, como mão de obra, materiais e tempo (COSTA et al., 2011). Além disso, medir perdas na construção civil também é necessário para evitar desperdícios e prejuízos dos recursos utilizados no processo. As perdas ocorrem quando são utilizados mais recursos do que o necessário para realizar determinada tarefa.

A fim de obter uma avaliação e cálculo mais precisos da produtividade dos serviços realizados em uma obra, é necessário levar em conta os fatores externos que podem influenciar esse resultado. Isso é fundamental para obter um número que represente o mais próximo possível a verdadeira eficiência da mão de obra. Uma estratégia relevante nesse sentido é a coleta de dados ao longo de um período mais extenso, pois isso reduz a influência pontual de quaisquer fatores e evita distorções no resultado final.

É evidente que a medição de desempenho exige dedicação para garantir seu pleno funcionamento, uma vez que a coleta e o processamento de dados bem definidos exigem tempo. No entanto, os diversos benefícios que o sistema trará demonstram a viabilidade de sua implementação. A criação de um banco de dados futuro para a empresa trará vantagens tanto para o orçamento quanto para o seu planejamento.

Por essas razões e considerando a experiência adquirida ao longo do curso, surge a oportunidade de realizar esse trabalho, uma vez que a indústria da engenharia civil necessita de ambientes mais produtivos para monitorar e controlar seus objetivos e metas. Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a produtividade na execução das estruturas comuns entre obras diferentes de uma mesma empresa e compará-las com os valores utilizados em fases de planejamento e orçamentação pela própria empresa ou obtidos na literatura. A finalidade é encontrar possíveis problemas nos processos executivos e oportunidades de melhorias para aumento de produtividade e qualidade e, conseqüentemente, diminuição nas perdas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar, avaliar e comparar a utilização de um sistema de indicadores de produtividade na construção de estruturas similares entre obras de infraestrutura de saneamento em concreto armado de uma empresa privada da cidade de Pato Branco-PR, nas etapas de planejamento e orçamentação da obra com o realizado efetivamente, apresentando uma proposta de melhoria para os problemas expostos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Selecionar os indicadores de produtividade a serem analisados;
- Definir valores de referência de produtividade baseados na literatura para execução de obras de infraestrutura em concreto armado;
- Analisar a produtividade de diversas obras através de Relatórios Diários de Obra;
- Desenvolver uma proposta para mitigar as deficiências e melhorias encontradas;

3 JUSTIFICATIVA

A construção civil, como todo o cenário nacional, foi amplamente afetada com a recessão sofrida pelo país na última década. Assim, cresce a procura por ferramentas e tecnologias de gerenciamento e gestão eficazes que contribuam para o sucesso dos empreendimentos e, conseqüentemente, a permanência de construtoras no mercado.

O tema escolhido em questão foi selecionado devido ao tamanho do prejuízo que a errônea utilização de indicadores de produtividade pode acarretar no desenvolvimento de um empreendimento. Se corretamente utilizados, os indicadores

juntos com um plano de gestão podem ocasionar na mitigação de imprevistos, levando a uma redução de custos excessivos e ajustando o cronograma de obra realizado, compatibilizando-o com o projetado.

Busca-se neste trabalho, por meio de um estudo de caso de obras de infraestrutura feita via análises de relatórios diários de obras, entrevistas, relatórios de gestores de obras, o entendimento do impacto que a utilização dos indicadores de produtividade errados pode acarretar no desenvolvimento de obras da construção civil. E como isso pode ser atenuado adotando valores que reflitam a realidade a ser executada para alcançar resultados melhores no final do empreendimento. Garantindo a viabilidade deste trabalho, o mesmo será realizado em empresa que atua no ramo de infraestrutura e tem interesse nos resultados que serão obtidos.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

No início da década passada, houve um período de significativo crescimento na área da construção civil no Brasil, graças aos programas governamentais Minha Casa Minha Vida (PMCMV) e Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Durante esse período, surgiram grandes oportunidades e as empresas de construção se viram obrigadas a investir em alterações nos métodos construtivos utilizados, visando alcançar uma maior eficiência e um aumento na quantidade de projetos entregues. O autor Leopoldo (2015) concorda com essa visão em seu estudo, afirmando que o crescimento da indústria da construção intensificou a competição entre as empresas, impulsionando a adoção de práticas construtivas mais racionalizadas com o objetivo de aumentar a produtividade, desempenho e qualidade.

Segundo Alves e Mota. (2008), é essencial realizar o planejamento dos sistemas produtivos antes de iniciar um projeto, pois isso permite identificar possíveis áreas de desperdício que podem ser corrigidas e otimizadas no futuro. No entanto, a correção dessas falhas e a otimização dos processos só são viáveis por meio da implementação efetiva de técnicas de monitoramento e controle da obra, que permitem a comparação entre o planejado e o executado.

Uma das limitações frequentemente encontradas diz respeito à produtividade da mão de obra, sendo necessário compreender e identificar os elementos que podem

afetar a velocidade da execução de uma construção (SANTOS *et al*, 2003). Uma vez que esses fatores sejam identificados e quantificados, torna-se possível desenvolver estratégias para mitigar sua influência negativa ou até mesmo eliminá-los, o que resultará em melhorias na produtividade dos serviços e redução nos prazos de execução das obras.

É fundamental possuir conhecimento e controle da produtividade em cada etapa da execução de uma obra, não apenas para garantir o cumprimento do cronograma, mas também para manter o controle do orçamento.

4.1 SISTEMAS DE INDICADORES

Neste capítulo, será apresentada uma análise da literatura relacionada aos indicadores de produtividade no setor da construção civil. Inicialmente, serão abordados de forma sucinta o histórico dos sistemas de indicadores, uma breve definição de produtividade, bem como uma sucinta descrição do processo de construção das estruturas dentro do canteiro de obra, considerando as principais etapas de sua execução.

4.1.1 Histórico da Medição por sistema de indicadores

A utilização de indicadores na medição de desempenho desempenha um papel significativo em várias empresas, pois fornece informações cruciais para o planejamento e controle dos processos gerenciais, metas e objetivos (NEELY *et al.*, 1994). Também são utilizados para comparar o desempenho das empresas em relação aos seus concorrentes, com o objetivo de alcançar a excelência (CAMP, 2002), buscando sempre ser a empresa líder em seu setor.

Nos últimos tempos, tem havido uma série de transformações no que diz respeito à avaliação do desempenho das empresas (COSTA, 2003). Inicialmente, prevalecia o uso de medidas que buscavam avaliar o desempenho em termos de produtividade física ou financeira (GHALAYINI; NOBLE; CROWE, 1997). A utilização dessas medidas estava fundamentada na predominância dos paradigmas taylorista e

fordista, que enfatizavam a padronização em massa e a busca pela eficiência, e que dominaram as práticas de gestão durante esse período (COSTA, 2003).

De acordo com Costa (2003), algumas empresas, especialmente no setor automobilístico, passaram a demonstrar insatisfação em relação ao uso exclusivo de indicadores financeiros e contábeis, à medida que identificaram mudanças de mentalidade no que diz respeito à organização da produção e ao aumento da competitividade global. Conseqüentemente, surgiu uma demanda por sistemas de medição que abordssem tanto aspectos financeiros quanto não financeiros, com o intuito de fornecer à organização informações, tendências e metas que pudessem proporcionar vantagens competitivas por meio do aprimoramento das habilidades funcionais (KAPLAN; NORTON, 1997).

Neely (1999) acrescenta que, diante desse cenário, as empresas passaram a reconhecer a importância de estabelecer estratégias competitivas que promovessem diferenciação, flexibilidade e inovação. Essas mudanças tiveram impacto nos sistemas de indicadores de desempenho, uma vez que houve a necessidade de incorporar novas medidas qualitativas e quantitativas capazes de avaliar a empresa dentro do contexto em que a mesma se encontrava.

Com o crescimento acelerado que a utilização de ferramentas tecnológicas, que possibilitou acesso mais rápido às melhores práticas e conhecimentos, além da introdução de novos valores sociais nas organizações, como participação, envolvimento e crescimento profissional dos funcionários, tornou-se evidente a importância de medir o desempenho das organizações (COSTA, 2003). Conforme apontado por Lantelme (1994), esse movimento reflete a ênfase dada à qualidade em outros setores da economia por todo o mundo, mas também é resultado das mudanças que afetam o setor, incluindo a globalização da economia, a carência de recursos na construção, as crescentes exigências dos clientes em relação à qualidade e aos padrões dos empreendimentos, bem como uma maior organização e reivindicação por parte da mão de obra.

Embora haja uma quantidade considerável de literatura recente sobre as medições de desempenhos, é notável que muitos estudos, abrangendo várias áreas de conhecimento de diferentes indústrias, apontam problemas semelhantes em relação à concepção, implementação e utilização de sistemas de indicadores de desempenho.

4.1.2 Definição de medição de desempenho

No atual contexto brasileiro, é evidente que as empresas do setor da construção civil precisam se manter competitivas e adaptar-se às constantes mudanças que ocorrem. Para alcançar esse objetivo, é necessário buscar constantemente o aprimoramento. A finalidade da medição de desempenho está diretamente ligada às melhorias, conforme destacado por Rechulski (2004), em um processo pré-definido pela empresa que deve, no mínimo, ser mensurável.

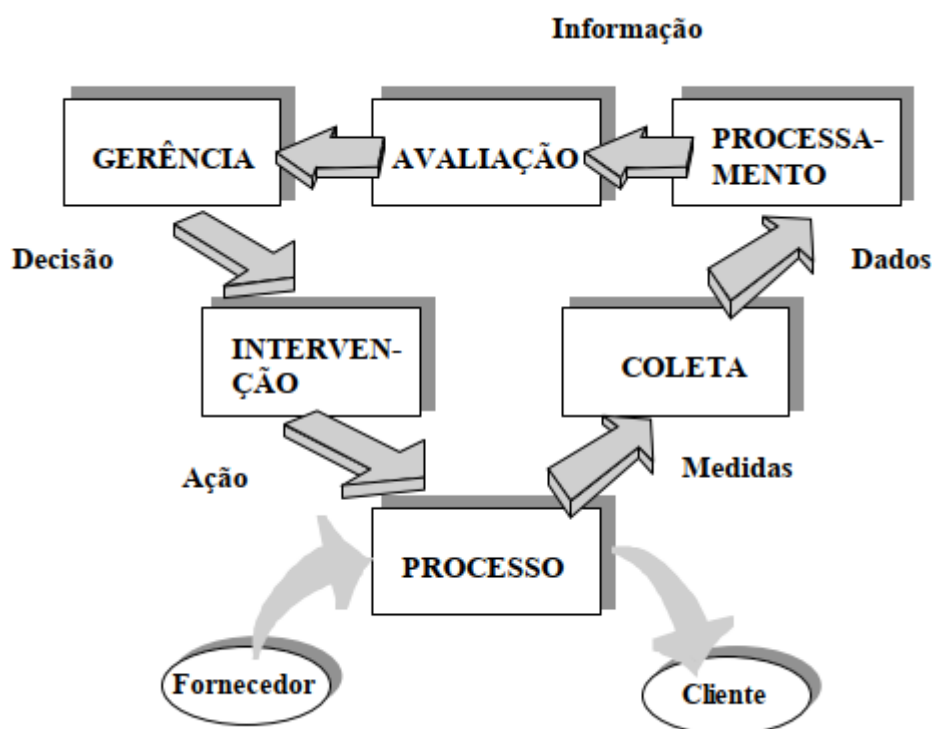
O conceito de medição de desempenho refere-se ao processo de quantificar uma ação, em que a quantificação é equivalente à medição e a ação representa o desempenho, (Neely et al., 1996).

De acordo com Neely et al. (1996) e Waggoner (1999), um sistema de medição de desempenho é composto por um conjunto de indicadores que são utilizados para quantificar a eficiência e eficácia de um processo. A eficiência diz respeito à relação entre a utilização econômica dos recursos, considerando um certo nível de satisfação, enquanto a eficácia avalia o resultado de um processo em relação ao atendimento ou não das expectativas dos diferentes clientes.

De acordo com Neely (1999), um sistema de medição de desempenho engloba três componentes interconectados: métricas individuais que mensuram a eficiência e eficácia das ações; um conjunto de métricas para avaliar o desempenho global da organização; e uma estrutura de suporte que permite aquisição, coleta, classificação, análise, interpretação e compartilhamento dos dados.

De acordo com Sink & Tuttle (1993), a medição de desempenho é um processo que envolve a decisão do que deve ser medido, bem como a coleta, acompanhamento e análise dos dados. Para os autores, é crucial estabelecer padrões, especificações, requisitos, valores ou critérios para determinar o nível de desempenho que atenda às necessidades e expectativas dos clientes e processos. Os autores ainda apresentam um modelo de gerenciamento de processos com base na medição de desempenho, enfatizando a tomada de decisão seguida da intervenção nos processos com base nas informações obtidas por meio da coleta, processamento e avaliação de dados (COSTA, 2003).

Figura 1 - Modelo de Sistema de Medição



Fonte: FORMOSO, 1998.

De acordo com os mesmos autores, um indicador pode desempenhar a função de evidenciar, revelando o desempenho atual de uma organização ao destacar seus pontos fracos ou fortes, bem como chamar a atenção para possíveis disfunções e intervenções necessárias.

A medição pode desempenhar um papel de controle ao antecipar, estimar e resolver problemas. Nesse contexto, a medição tem o objetivo de controlar a variação do desempenho em relação aos padrões estabelecidos previamente, identificando desvios e corrigindo as causas desses desvios de maneira oportuna (SINK; TUTTLE, 1993 *apud* COSTA, 2003). Além disso, a medição também pode orientar a melhoria ao indicar áreas de foco e onde os recursos devem ser alocados para identificar oportunidades de aprimoramento ou avaliar o resultado das estratégias no desempenho do processo ou da empresa (COSTA, 2003).

Medições de desempenho também desempenham um papel importante na implementação das estratégias. A construção de sistemas de medição alinhados com

as estratégias, objetivos e metas orienta aqueles encarregados de implementar as estratégias a refletir sobre as relações de causa e efeito, custo-benefício e as implicações dessas estratégias (SINK; TUTTLE, 1993 *apud* COSTA, 2003).

É notório que atualmente as empresas que adotam as medições como base de gerenciamento têm sua utilização também envolvida no alinhamento de estratégias e comportamentos, na integração do desempenho na organização e no desenvolvimento de mecanismos de autoavaliação (COSTA, 2003). Isso destaca a significativa importância de incorporar esse sistema à gestão da empresa.

Sistema de gestão da qualidade é definido como um processo contínuo e de longo prazo voltado para a satisfação do cliente, que possibilita a melhoria contínua dos serviços e produtos oferecidos. Os sistemas de gestão de qualidade se baseiam na medição, correções e melhorias das divergências nos diferentes processos organizacionais. Seu objetivo principal é alcançar o aprimoramento constante dos processos, produtos e serviços. O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade (1991) resumiu isso afirmando: "Sem indicadores não há gestão, e sem gestão, não há qualidade" (LANTELME, 1994).

Oliveira (1999) apresenta uma proposta inicial para a utilização do sistema de indicadores: primeiramente, é necessário identificar os indicadores com base na análise dos aspectos críticos que desejamos mensurar. Em seguida, devemos selecionar esses indicadores por meio do estudo de sua necessidade e importância, levando em consideração critérios como representatividade, simplicidade, seletividade e baixo custo de obtenção. Após a implementação do processo de medição, procede-se à coleta e avaliação dos dados utilizando os indicadores escolhidos.

A fim de identificar indicadores, Lantelme (1994) sugere os requisitos a seguir:

- Ser simplesmente formulado, de modo que todos os envolvidos nos processos consigam compreender;
- Apresentar um nível considerável de representatividade dos processos e resultados estabelecidos;
- Ser calculado através de dados confiáveis, facilmente obtidos, ou disponíveis;
- Ter estabilidade, isto é, resistir ao longo do tempo, sendo obtido por processos rotineiros, que são intrínsecos ao empreendimento;

Para que as medidas utilizadas nos sistemas de indicadores possam desempenhar adequadamente seu papel na organização, é necessário agrupá-las de forma coesa e equilibrada, permitindo a avaliação da eficácia e eficiência do produto (LANTELME et al., 2001 *apud* NAVARRO, 2005). É importante ressaltar que a frequência das medições pode variar, sendo menos frequentes em processos mais estáveis e mais frequentes em situações com muitas variações.

A rastreabilidade é uma outra característica essencial dos indicadores, sendo necessário atenção à documentação detalhada de todos os procedimentos utilizados na geração, cálculo e coleta de dados, sendo especialmente crucial registrar os envolvidos e manter as fontes de dados atualizadas, a fim de preservar a confiabilidade do indicador (TIRONI et al., 1991 *apud* LANTELME 1994).

4.1.3 Tipos de indicadores

Algumas literaturas apresentam classificações para os indicadores. De acordo com Lantelme (1994), os indicadores podem ser categorizados em indicadores de desempenho específicos e indicadores de desempenho global.

Os indicadores de desempenho específicos têm a finalidade de fornecer informações relevantes para a gestão da empresa e seus processos individuais. Esses indicadores estão diretamente relacionados às estratégias e atividades específicas da organização, sendo utilizados para o planejamento, controle e aprimoramento contínuo dos processos e estratégias (COSTA, 2003).

Por outro lado, indicadores de desempenho globais têm uma abordagem mais abrangente e têm como objetivo demonstrar o desempenho de uma empresa ou setor em relação ao ambiente em que estão inseridos, possuindo um caráter mais homogêneo para permitir comparações. Esses indicadores podem ser direcionados à empresa, buscando avaliar o desempenho global da organização, ou podem ser setoriais, com o intuito de avaliar o desempenho do setor como um todo (COSTA, 2003).

De acordo com Oliveira *et al.* (1995), os indicadores podem ser categorizados em indicadores gerenciais ou estratégicos, cujo propósito é acompanhar e impulsionar a implementação de estratégias, e indicadores operacionais, que são definidos com

base nas tarefas e objetivos específicos de cada processo, devendo estar alinhados aos objetivos e estratégias adotados pela empresa.

Lantelme (1994) faz uma distinção entre indicadores de qualidade e de produtividade: indicadores de qualidade estão relacionados à medição da eficácia da empresa, avaliando o desempenho do produto ou serviço no que diz respeito ao atendimento das necessidades dos clientes. Por outro lado, os indicadores de produtividade representam a eficiência do processo, levando em consideração os recursos utilizados e a obtenção dos resultados desejados. No entanto, a autora enfatiza que não há uma distinção rígida entre os indicadores, uma vez que a adoção de um conceito mais amplo de qualidade pode abranger também a melhoria da produtividade.

É possível notar que a diferença entre as classificações dos indicadores está essencialmente relacionada à finalidade das informações e ao ponto de vista dos usuários na utilização desses indicadores. Portanto, neste trabalho, serão adotados indicadores de produtividade, visando a possibilidade de comparação interna (por meio da futura implementação de um sistema e criação de um banco de dados próprio) e externa com outras empresas.

4.2 PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com o crescimento da indústria da construção civil e o aumento da concorrência entre as empresas do setor, o preço e a qualidade se tornaram grandes diferenciais, tornando-se necessário racionalizar os custos, materiais, e a mão de obra (FORIGO, 2014). Ao longo dos anos, esse setor passou por transformações significativas, e os princípios de gestão da qualidade foram gradualmente difundidos. No entanto, a escassez de mão de obra especializada ainda é um problema recorrente, afetando diretamente a qualidade e a produtividade, prejudicando o pleno desenvolvimento do setor (LEOPOLDO, 2015).

Para Lima et al. (2015), a mão de obra é um recurso de extrema relevância na construção civil, uma vez que além de representar um grande percentual em relação ao custo total da obra, refere-se a seres humanos, com problemas e necessidades que deveriam ser supridas.

A mão de obra está intimamente relacionada ao conceito de produtividade na indústria da construção civil, conforme discutido por Souza (2006). A produtividade pode ser definida como a eficiência em termos de tempo na transformação do esforço dos trabalhadores em produtos de construção que atendam aos objetivos estabelecidos para o processo, conforme ilustrado na Figura 1. Segundo Maximiano (2011), a produtividade é um critério de avaliação da eficiência de um processo, sistema ou organização. Por outro lado, a produtividade para Dantas (2011) é definida como a relação entre os recursos envolvidos no processo e o produto final.

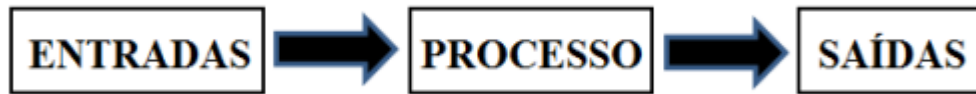
Além disso, Souza (2006) ressalta que o estudo e definição da produtividade da mão de obra são importantes para avaliar a quantidade de trabalho realizado em um serviço já concluído e também para obter previsões que auxiliem nas decisões de obras em andamento ou futuras. Portanto, é necessário implementar métodos de monitoramento e controle durante a execução de cada obra, para garantir que os índices de produtividade dos principais serviços estejam próximos aos planejados no processo de planejamento da obra. Desta forma, a produtividade da mão de obra pode ser compreendida como a eficiência na transformação do esforço dos trabalhadores em produtos de construção, sendo seu modelo genérico representado a seguir.



Fonte: SOUZA, 2006.

Segundo Souza (1998), a produtividade refere-se à eficiência na transformação das entradas e saídas de um processo de produção. Os materiais, equipamentos e mão de obra, nesse contexto, são considerados itens de entrada.

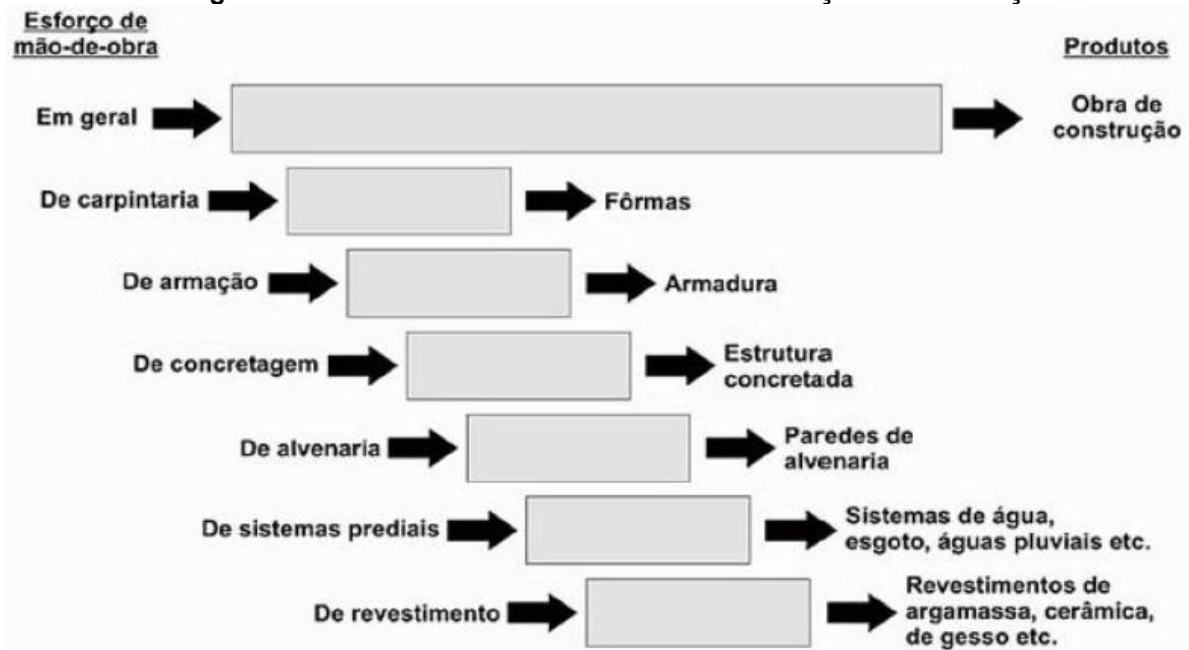
Figura 3 - Representação genérica de um sistema produtivo



Fonte: ARAÚJO, 2000.

Souza (2006) define a produtividade da mão de obra como a eficiência e a eficácia na transformação do esforço dos trabalhadores em produtos de construção, como a obra ou suas partes. Nesse sentido, a produtividade da mão de obra pode ser avaliada parcialmente para cada uma de suas atividades, e não apenas de forma global para o empreendimento como um todo, conforme exemplifica a figura 4.

Figura 4 - Produtividade da mão de obra nos serviços de construção



Fonte: SOUZA, 2006.

Souza (2006) salienta também que o estudo e definição da produtividade da mão de obra desempenham um papel importante tanto na verificação da quantidade produzida em um serviço já executado, quanto na obtenção de informações para tomadas de decisão em obras em andamento ou futuras. Por esse motivo, é necessário introduzir métodos de monitoramento e controle durante a execução de cada obra, pelo menos para verificar se os índices de produtividade em campo dos

serviços mais representativos estão próximos dos valores utilizados no planejamento da obra.

De acordo com Araújo (2000), com base nas informações de produtividade, especialmente da mão de obra, é possível realizar previsões sobre o consumo de mão de obra, a duração dos serviços, além de desenvolver e aperfeiçoar os métodos construtivos. Além disso, tais informações permitem avaliar os resultados alcançados e realizar comparações. O autor também propõe que investir em melhorias da gestão da mão de obra, com foco principalmente no aumento da produtividade, traz benefícios tanto para os trabalhadores quanto para a empresa, como motivação dos trabalhadores, qualificação profissional e rentabilidade empresarial.

Com base em todas as definições apresentadas, fica evidente que a indústria da construção civil possui todos os elementos necessários para servir como objeto para o estudo da produtividade. Conforme mencionado, os recursos utilizados, como materiais, equipamentos e mão de obra, são considerados recursos tanto do ponto de vista físico quanto financeiro, quando se analisa a quantidade de dinheiro envolvida. As saídas, por sua vez, podem ser representadas por uma obra ou pelos serviços analisados, ou seja, pelos resultados do processo (ARAÚJO, 2000).

4.3 RAZÃO UNITÁRIA DE PRODUÇÃO – RUP

Os índices de produtividade desempenham um papel significativo durante a execução de uma obra, uma vez que não há uma padronização dos processos construtivos entre as construtoras. Isso faz com que esses dados sejam utilizados de diferentes formas durante a elaboração de orçamentos, planejamentos, cronogramas, e gerenciamento da obra (QUESADO FILHO, 2009).

Dentre os indicadores utilizados nas fases de planejamentos e cronogramas de uma obra na construção civil, mede-se a produtividade por meio de um indicador parcial conhecido como Razão Unitária de Produção (RUP). Esse indicador avalia a relação entre as entradas e as saídas, sendo expresso em termos de homens-hora empregados por quantidade de serviço realizado (ARAÚJO, 2000), como por exemplo um metro cúbico de concreto de uma estrutura.

Conforme mencionado por Dantas (2011), a RUP, que é descrita pela Equação 1, requer o cálculo com base em medições dos serviços realizados e da quantidade de homens necessários para realizar cada atividade correspondente. Essa abordagem visa obter um índice eficiente de produtividade.

$$RUP = \frac{H \cdot h}{Qs}$$

Equação 1

Sendo que:

- RUP: Razão unitária de Produção;
- H: Quantidade de homens executando o serviço;
- h: número de horas trabalhadas;
- Qs: quantidade de serviço executado;

A RUP pode ser avaliada tanto em base diária, referente ao trabalho realizado em cada dia, quanto em base cumulativa, considerando o período desde o primeiro dia em que a produtividade foi analisada até o dia requerido. A abordagem cumulativa pode ser especialmente útil para fazer previsões sobre o progresso futuro da obra em questão (ARAUJO, 2000). Essa abordagem retrata de forma mais precisa a produtividade real da obra, uma vez que leva em conta tanto os dias favoráveis quanto os desafiadores (CASARIN, 2013).

Um dos aspectos fundamentais para a elaboração de um planejamento de obra eficiente é a definição precisa da duração de cada atividade, uma vez que o cronograma é elaborado com base nesses valores. É importante ressaltar que prazos mal dimensionados podem resultar em um planejamento distorcido, inviável ou sem utilidade prática para a gestão da obra (NÓBREGA, ROMANO, 2010). De acordo com Forigo (2014), uma abordagem essencial é estimar a produtividade por meio do cálculo da Razão Unitária de Produção (RUP). Isso permite que os líderes e gestores das empresas determinem a quantidade de mão de obra necessária para realizar cada serviço de forma adequada.

A qualidade e confiabilidade das RUPs empregadas para estimar a duração dos serviços é crucial para a elaboração de cronogramas viáveis e passíveis de serem cumpridos (NÓBREGA, ROMANO, 2010). Segundo os autores, um parâmetro comumente utilizado é a composição de custo unitário no orçamento. A composição de custos consiste no processo de determinação dos custos incorridos para a execução de um determinado serviço ou atividade específica, de acordo com os requisitos estabelecidos previamente (ALVES; ARAÚJO, 2010).

Ao utilizar dessa técnica, o gestor integra o cronograma e o orçamento da obra, pois os índices de produtividade ou RUPs devem ser considerados na geração de ambas as informações. Dessa forma, o controle formal dos processos executivos possibilita a comparação entre o previsto e o realizado, permitindo identificar falhas e desvios ao longo do caminho.

A SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Índices e Custos da Construção Civil) é um banco de dados que contém composições de preço unitário para diversos serviços e insumos utilizados na construção civil. Esse banco de dados é gerenciado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em parceria com a Caixa Econômica Federal. Além da SINAPI, outro banco de dados disponível no mercado é a Tabela de Composições de Preço para Orçamento (TCPO), publicada pela Editora Pini. Ambos os bancos de dados são amplamente utilizados na área da construção civil como referência para a elaboração de orçamentos e planejamento de obras.

A importância de cada empresa desenvolver suas próprias composições de custo está relacionada à possibilidade de refletir fielmente suas características específicas e indicadores reais de consumo e produção. Através de observações constantes e diretas em obras realizadas em condições semelhantes, a empresa pode determinar suas próprias composições de custo. Isso permite que os índices utilizados sejam mais precisos e representem de forma mais adequada as particularidades e necessidades da empresa em questão (ALVES; ARAÚJO, 2010). Dessa forma, as composições desenvolvidas internamente contribuem para um planejamento mais preciso e uma gestão mais eficiente dos recursos da empresa na execução de obras.

Entretanto, para garantir a uniformidade no cálculo da RUP é essencial estabelecer regras claras para a mensuração dos dados de entrada e saída. Isso inclui definir de antemão quais serão as informações necessárias, como quantidade de recursos utilizados (como mão de obra, materiais e equipamentos) e a quantidade de

serviço realizado. Além disso, é importante determinar o período em que essas medições serão realizadas, para que haja consistência nos dados ao longo do tempo e possibilitar comparações válidas.

Araújo (2000) fornece orientações sobre a coleta de dados necessária para calcular a RUP. O autor enfatiza a importância de estabelecer uma abordagem consistente para a coleta de dados de entrada, que deve se basear nos homens-hora trabalháveis dos operários da equipe de produção direta. Quanto aos dados de saída, é fundamental compreender o serviço que está sendo medido, incluindo sua quantidade e características específicas a ele. Para calcular a quantidade de serviço executado, Araújo (2000) menciona a possibilidade de subdividir serviços em tarefas e converter as quantidades de cada subtarefa em quantidades correspondentes de tarefa principal. A caracterização adequada do serviço desempenha um papel crucial, pois auxilia na identificação dos fatores que podem influenciar a produtividade. Araújo ainda destaca dois grupos principais de fatores que afetam a produtividade da mão de obra: os relacionados ao conteúdo do trabalho, que envolvem as tarefas a serem realizadas, os componentes físicos, as especificações e os detalhes do projeto; e os relacionados ao contexto do trabalho, que englobam o ambiente de trabalho, a organização e gestão, a disponibilidade de materiais, componentes, ferramentas e equipamentos, e a sequência de trabalho.

4.4 FATORES INFLUENCIÁVEIS

De acordo com Quintans (2019), ao estudar e analisar a produtividade da mão de obra, é fundamental considerar o contexto em que cada atividade ocorre, isso é essencial para realizar cálculos e avaliações precisas da produtividade. Seguindo a mesma linha de pensamento, Calçada (2014) e Frazzão Junior (2017) destacam que é necessário ter uma metodologia de trabalho claramente definida e considerar uma variedade de fatores ao medir a produtividade. Esses fatores englobam:

- Número de funcionários envolvidos no serviço;
- Tempo total de execução da atividade;
- Disponibilidade e tempo de transporte de materiais;

- Fatores climáticos e externos;
- Definição de equipamentos e seu uso;
- Determinação do material utilizado;

Com o objetivo de obter uma medida indicativa mais precisa, é essencial avaliar o índice de produtividade ao longo de um período que abranja o maior número possível de fatores envolvidos. Isso se deve ao fato de que diferentes contextos podem resultar em diferentes resultados para um mesmo produto. Após a análise desses fatores, é possível aumentar a produtividade por meio da implementação de variadas ações. Muitas dessas ações podem ser simples, mas têm um impacto direto no resultado. Exemplos de tais ações incluem modificações na forma de execução, ajustes simples em algumas tarefas ou ainda contratação de mão de obra especializada, (FRAZZÃO JUNIOR, 2017).

4.5 SERVIÇOS DE ESTRUTURA: FORMAS, ARMAÇÃO E CONCRETO

4.5.1 Formas

As fôrmas desempenham diversas funções dentro do sistema. Primeiramente, elas são responsáveis por dar forma ao concreto fresco, garantindo a geometria desejada; servem como suporte para posicionar a armação, permitindo a colocação de espaçadores para garantir os cobrimentos adequados; suporte para posicionar elementos das instalações (elétricas, hidrossanitários etc.) e outros itens embutidos. Outra função importante das fôrmas é servir como estrutura temporária durante as atividades de armação e concretagem. Elas devem ser capazes de suportar as cargas provenientes de seu próprio peso, bem como as cargas de serviço, como pessoas, equipamentos e materiais. Além disso, as fôrmas têm a função de proteger o concreto fresco contra choques mecânicos e limitar a perda de água, facilitando o processo de cura (ARAUJO, 2000).

De acordo com Assahi (2009), a fôrma inicia todo o processo de construção da estrutura, pois ela é responsável por estabelecer referências e padronizar o nível de excelência exigido para toda a obra. A qualidade e precisão da fôrma são

essenciais para garantir que o trabalho subsequente seja realizado de forma adequada e atenda aos padrões estabelecidos, desta maneira, a fôrma carrega consigo a importante missão de estabelecer os alicerces para o sucesso da construção.

É possível realizar o serviço de fôrma utilizando fôrmas convencionais ou fôrmas racionalizadas ou prontas, conforme proposto pelo projetista Paulo Assahi. A diferença entre os dois tipos de fôrmas reside na facilidade de montagem e desmontagem das fôrmas prontas, devido ao seu processo padronizado. Seguir esse processo com disciplina resultará nos resultados esperados, além da necessidade de capacitação adequada por parte dos profissionais envolvidos. A evolução do processo, a etapa de melhoria contínua, só pode ser iniciada após o domínio completo deste processo inicial, sendo considerado fundamental (ASSAHI, 2009).

4.5.1.1 Formas metálicas

Nas obras dos estudos de caso em questão foram utilizados o sistema de formas metálicas. A forma metálica utilizada pode ser feita de alumínio ou aço. As peças da fôrma são impregnadas com desmoldante em sua face interna, o que facilita a remoção após a concretagem. Durante o processo, são utilizadas luvas de vedação, com finalidade de realizar o travamento das formas, que deixam pequenos furos na estrutura.

Após a colocação da fôrma e o posicionamento das luvas, é necessário unificar as facas entre si utilizando pinos, cunhas e parafusos para evitar que se soltem umas das outras. Uma vez que a fôrma está montada, ela é travada e recebe esquadros, alinhadores, tensores de vão e escoras para manter sua posição alinhada e evitar deslocamentos das paredes (CORSINI, 2011). Quando montada corretamente, com as devidas escoras, travamentos e alinhamentos conforme as instruções do fornecedor, a vida útil de uma fôrma metálica pode chegar a 1000 concretagens.

Para a análise da produtividade, visando um maior detalhamento da coleta de dados e precisão, optou-se por separar o serviço de fôrma em etapas, sendo elas:

- Montagem de formas para lajes de fundo;
- Montagem de formas para paredes;

- Desmontagem;

Não será contemplado neste trabalho o serviço de confecção das formas, uma vez que foi utilizado formas metálicas prontas.

Para o levantamento das quantidades para a pesquisa do presente trabalho, será utilizada e considerada a medição geométrica da área de forma em metros quadrados da estrutura.

4.5.2 Armação

De acordo com a definição proposta por Fusco (1975), a armadura é um elemento estrutural essencial em uma estrutura de concreto armado, composta por várias peças de aço associadas. O uso do aço nas estruturas de concreto armado tem como objetivo principal aumentar a capacidade de resistência das peças sujeitas à compressão, e resistir esforços de tração. O serviço de armação desempenha a função de fornecer à estrutura as armaduras conforme especificadas no projeto (ARAUJO, 2000).

De acordo com Barros & Melhado (1998), o concreto armado é o resultado de uma combinação racional de materiais com características mecânicas distintas e complementares. É fruto da colaboração entre a armadura (aço) e o concreto. Essa colaboração requer uma aderência completa entre os materiais, de modo que suas deformações sejam uniformes ao longo da peça de concreto, assegurando o correto desempenho para o qual foram projetados.

Uma alteração significativa na produtividade da armação nas obras está relacionada à maneira como o aço é adquirido: em barras retas ou cortado e dobrado conforme projetos. Essa diferença implica na necessidade de considerar o serviço de corte e dobra realizado pelos armadores no primeiro caso, enquanto no segundo caso esse processo já foi previamente realizado. Na descrição geral das etapas do processo, será destacado como se o corte e dobra são realizados no próprio canteiro de obras.

De acordo com Araujo (2000), os processos para execução da armadura para estruturas em concreto armado são as seguintes:

1. Corte dos fios e barras de aço, seguindo as orientações e dimensões estabelecidas no projeto de detalhamento de armação;

2. Dobra das barras longitudinais e dos estribos, seguindo as orientações e dimensões estabelecidas no projeto de detalhamento de armação;
3. Identificação e classificação das barras cortadas e dobradas conforme o plano de montagem das peças;
4. Montagem das armaduras das estruturas na central de armação no canteiro de obras, diferente do local de montagem final;
5. Transporte das peças até a estrutura em que está sendo executada;
6. Montagem das peças na estrutura em execução, para as que não foram previamente montadas;
7. Posicionamento das peças montadas na fôrma.

Assim como para o serviço de fôrmas, visando um maior detalhamento da coleta de dados e precisão, optou-se por separar o serviço de armaduras em etapas, sendo elas:

- Serviços de montagem das armaduras em centrais de armação;
- Transporte das peças até as estruturas;
- Posicionamento e processamento final da armação.

No presente trabalho não foram consideradas as etapas de corte e dobra do aço uma vez que as obras objetos dos estudos de caso adquiriram o aço já cortado e dobrado. Para o levantamento dos quantitativos, foram consideradas as quantidades de quilos totais do aço, indeferindo da bitola utilizada.

4.5.3 Concretagem

De acordo com Araujo e Freire (2004), o termo "concretagem" engloba todas as atividades relacionadas à produção, recebimento, transporte e aplicação do concreto. Embora seja a etapa final do ciclo de execução da estrutura e tenha uma duração relativamente curta, requer um planejamento cuidadoso e uma gestão eficiente dos fatores que impactam a utilização dos recursos, visando reduzir o desperdício e otimizar o processo.

Na execução de elementos de concreto armado, a concretagem envolve principalmente o lançamento do concreto sobre a fôrma, a realização de vibração para garantir o adensamento, o nivelamento e o acabamento superficial (SOUZA, 1996 *apud* por ARAUJO, 2000).

Neste estudo, o transporte de concreto foi realizado por meio de bombeamento. A equipe responsável pela concretagem é composta por trabalhadores encarregados das etapas de produção, que envolvem o transporte do concreto do caminhão betoneira até o local de aplicação, o lançamento, a distribuição, o adensamento, o nivelamento e o acabamento do concreto (ARAUJO, 2000).

Compreender as variações na produtividade das concretagens requer uma análise dos três elementos que a compõem: a velocidade de concretagem, o tamanho da equipe e os tempos envolvidos no processo (ARAUJO, 2000). Isso inclui considerar o tempo de início da concretagem, o tempo de deslocamento do caminhão, o tempo de descarregamento, o tempo de finalização, o tempo de troca e o tempo de atraso. Esses componentes desempenham um papel fundamental na determinação da eficiência e produtividade do processo de concretagem.

Para o levantamento dos quantitativos utilizados para a presente pesquisa, para o item de concretagem, foram consideradas os volumes geométricos das estruturas em concreto armado em metros cúbicos.

4.6 DADOS REFERENTES A PRODUTIVIDADE DE SERVIÇOS

Considera-se que a produtividade seja a eficiência na conversão de recursos de entrada em resultados de saída em um processo de produção (SOUZA, 1998). Desta forma, é possível abordar o estudo da produtividade no contexto da construção civil de várias maneiras. Dependendo do tipo de recurso a ser convertido, podemos analisar a produtividade de diferentes perspectivas: física, quando se estuda a eficiência no uso de materiais, equipamentos ou mão de obra; financeira, quando a análise é focada na quantidade de dinheiro necessária; ou social, quando o esforço da sociedade como um todo é considerado como um recurso inicial do processo.

Com o objetivo de estabelecer as metas a serem alcançadas, os estudos sobre produtividade apresentam seus resultados em unidades específicas, como metros cúbicos de concreto a serem executados, metros quadrados, toneladas, entre outros. Dessa forma, fica evidente o objetivo a ser atingido. Assim, uma boa produtividade está relacionada à utilização mais eficiente dos recursos produtivos disponíveis.

4.6.1 SINAPI

O SINAPI, Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil, é referência em fornecer informações essenciais para calcular composições de custos envolvidos na aquisição de materiais, equipamentos, serviços e mão de obra. (CAIXA, 2023).

A administração do SINAPI é realizada de forma conjunta pela Caixa Econômica Federal e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) CAIXA (2023). O Decreto 7983/2013 estabelece as responsabilidades da CAIXA e do IBGE na gestão do SINAPI. A CAIXA é encarregada da base técnica de engenharia, que inclui as composições de custos, enquanto o IBGE é responsável pelos preços dos insumos (CAIXA, 2023).

O SINAPI é um sistema que constantemente atualiza e revisa suas referências para todas as capitais brasileiras. Além disso, é amplamente abrangente, fornecendo referências para diversos serviços de engenharia. Desde 2013, o uso do sistema é obrigatório para obras que utilizam recursos públicos federais (CAIXA, 2023).

Em 2009, a CAIXA iniciou a publicação online dos serviços e custos do Banco Referencial. Essa base de composições foi criada a partir da consolidação dos bancos de dados fornecidos por instituições públicas ao SINAPI (CAIXA, 2023). A CAIXA disponibiliza em seu site diversos documentos técnicos, incluindo o Livro SINAPI - Metodologias e Conceitos, o Relatório de Referência Mensal, o Caderno Técnico das Composições, as Fichas Técnicas dos Insumos e os Relatórios de Manutenção de Insumos e Composições.

A partir das informações disponibilizadas pela CAIXA foi possível retirar os dados referentes as unidades de quantificação e os indicadores de consumo e produtividade (coeficientes) dos serviços alvos do presente estudo de caso, referentes apenas a mão de obra, retratados na tabela a seguir.

Tabela 1 - Coeficientes SINAPI

COEFICIENTES - SINAP							Total
Serviço	Composição	Profissional	Pedreiro	Armador	Carpinteiro	Servente	
Concreto Usinado	96557	0,363	0,363	-	-	0,544	0,907
Concreto Rodado em Obra	94967	1,54	1,54	-	-	2,44	3,98
Concreto Magro	94968	1,33	1,33	-	-	2,11	3,44
Forma de Madeira	96530	1,566	-	-	1,566	0,555	2,121
Aço CA - 60 - 5 mm	92791	0,0769	-	0,0769	-	0,0108	0,0877
Aço CA - 50 - 6,3 mm	92792	0,042	-	0,042	-	0,0059	0,0479
Aço CA - 50 - 8 mm	92793	0,0224	-	0,0224	-	0,0032	0,0256
Aço CA - 50 - 10 mm	92794	0,0125	-	0,0125	-	0,0018	0,0143
Aço CA - 50 - 12,5 mm	92795	0,007	-	0,007	-	0,001	0,008

Fonte: Autoria Própria, 2023.

4.6.2 TCPO

A TCPO, Tabela de Composições e Preços para Orçamentos, é uma das principais fontes de referência em engenharia de custos no Brasil. Publicada e elaborada pela Pini, uma renomada empresa especializada em pesquisas e informações para o setor da construção, a TCPO é amplamente reconhecida no setor de construção civil.

Presente no mercado há mais de seis décadas, a TCPO possui atualmente um acervo de mais de 8.500 composições de serviços. Os preços de referência são calculados pelo departamento de Engenharia da Pini, e a tabela também inclui composições fornecidas por empresas do setor de serviços e materiais da construção civil (TCPO, 2023).

A Tabela de Composição de Preços para Orçamentos oferece uma organização estruturada de todos os elementos envolvidos em uma construção, permitindo um controle orçamentário mais preciso e consistente. Sua principal finalidade é fornecer informações para alimentar as bases de dados dos sistemas de gerenciamento utilizados nas obras (PINI, 2023), garantindo um controle mais eficiente e confiável.

4.6.3 SICRO

No contexto da Administração Pública Federal, existem sistemas de custos que orientam o processo de orçamentação das obras públicas. Um exemplo relevante,

especialmente para obras de infraestrutura, é o Sistema de Custos Rodoviários do DNIT (Sicro), que foi introduzido pela primeira vez em 1992 com a sua versão inicial, conhecida como Sicro 1.

Em 2000, foi introduzida a segunda versão desse sistema, chamada Sicro 2, que permaneceu em vigor até 2017. A partir de maio de 2017, foi substituída pela versão atual conhecida como Novo Sicro. O objetivo do Novo Sicro era realizar uma revisão abrangente do sistema de referência, contemplando várias melhorias. Isso incluía a criação de novas composições de custos unitários, a revisão das composições existentes, a atualização da composição do Lucro e Despesas Indiretas (LDI), a adoção de uma nova abordagem para orçamentação de administração local, considerando também a influência da economia de escala. Essas mudanças visavam aprimorar a precisão e a eficiência na elaboração de orçamentos para obras de infraestrutura.

A partir das informações disponibilizadas na SICRO pelo DNIT foi possível retirar os dados referentes as unidades de quantificação e os indicadores de consumo e produtividade (coeficientes), referentes apenas a mão de obra, dos serviços alvos do presente estudo de caso, retratados na imagem a seguir.

Tabela 2 - Coeficientes SICRO

COEFICIENTES - SICRO								Total
Serviço	Composição	Profissional	Pedreiro	Armador	Carpinteiro	Montador	Servente	
Concreto Usinado	1106088	0,04016	0,04016				0,2811	0,321
Concreto Rodado em Obra	1107908	0,266	0,266				2,3900	2,656
Concreto Magro	1107888	2,291	2,291				0,2545	2,545
Grauteamento	1109680	0,835	0,835				1,6707	2,506
Forma de Madeira	3106119	0,241			0,241		0,2410	0,482
Forma Metálica	3106552	0,244		0,244			0,0360	0,280
Cimbramento	2106235	0,027				0,027	0,0533	0,080
Aço CA - 60 - 5 mm	407820	0,080		0,080			0,0800	0,160
Aço CA - 50 - 6,3 mm	407819	0,090		0,090			0,0900	0,180
Aço CA - 50 - 8 mm	407819	0,090		0,090			0,0900	0,180
Aço CA - 50 - 10 mm	407819	0,090		0,090			0,0900	0,180
Aço CA - 50 - 12,5 mm	407819	0,090		0,090			0,0900	0,180

Fonte: Autoria Própria, 2023.

5 METODOLOGIA

A pesquisa deste trabalho classifica-se como qualitativa, de maneira que será realizada a análise de dados a respeito de um assunto, que coletar-se-ão por meio de relatórios diários de obra, entrevistas e questionários com gestores de obras. Para Godoy (1995, p. 2):

Algumas características básicas identificam os estudos denominados "qualitativos". Segundo esta perspectiva, um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada. Para tanto, o pesquisador vai a campo buscando "captar" o fenômeno em estudo a partir da perspectiva das pessoas nele envolvidas, considerando todos os pontos de vista relevantes.

A pesquisa deste trabalho é classificada como exploratória, pois, Sampieri et al. (1991) dizem que estas acontecem quando existe o objetivo de oferecer um quadro de referência para futuras aplicações, que neste caso será possível uma vez que parte do objetivo geral é identificar onde se encontram as principais origens de improdutividade e uso errôneo de indicadores, possibilitando que futuros empreendimentos possam nele se basear para corrigir erros e falhas próprias. Além disso, de natureza exploratória, pois a partir de hipóteses aprofundará os estudos buscando maior conhecimento para descrever a presente tese (TRIVINOS, 1987).

Classifica-se também como estudo de caso porque será possível criar conhecimentos a respeito de um tema específico, a partir do estudo de itens relacionados ao tema. Alves-Mazzoti (2006) considera também que pode ser caracterizado como um estudo de caso aquele que foca em apenas uma coisa, seja um grupo, um indivíduo, um programa, um evento ou uma instituição.

O estudo de caso é indicado em situações que possa haver intervenções, mas que o objetivo primordial seja o desenvolvimento de um produto, aplicação ou experimentação de um modelo, método, ferramenta ou instrumento. (HIROTA et al., 2000).

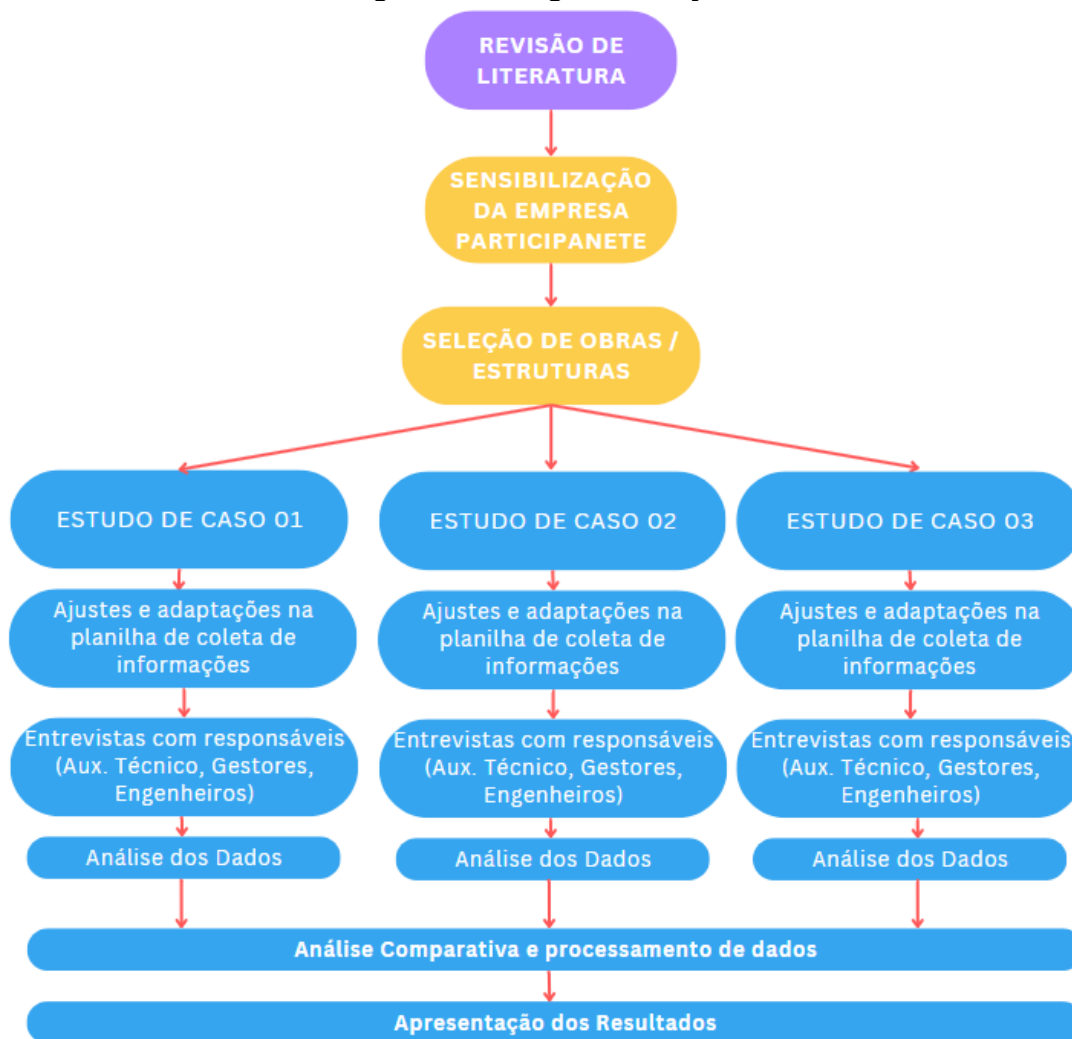
Este trabalho consiste em um estudo de caso que utiliza observação participante e intervenção limitada, com o objetivo de obter evidências e coletar dados sobre a produtividade dos serviços de estrutura em canteiros de obras, visando comparar diferentes métodos construtivos. Para isso, os resultados obtidos por meio

desta pesquisa foram analisados primeiramente de forma individualizada para cada estudo de caso (análise dentro do caso) e, em seguida, foram realizadas análises comparativas entre os casos (análise cruzada) (YIN, 2001). O objetivo principal foi garantir a triangulação dos dados, ou seja, a busca por convergência e consistência entre as informações coletadas, a fim de obter uma visão abrangente e confiável dos fatos em estudo.

Classifica-se como pesquisa bibliográfica, pois por via da análise de artigos, livros e trabalhos de conclusão de curso, será possível explicar os termos relacionados ao assunto deste trabalho.

A sequência de eventos e ações a serem realizadas é retratada conforme o fluxograma na Figura 7:

Figura 5 - Fluxograma de ações



Fonte: Autoria própria, 2023.

Para início desta pesquisa, será necessário estudar e compreender quais os principais sistemas de indicadores. A partir disso, apresentar-se-á os resultados obtidos na pesquisa, destacando suas funções, funcionalidades e particularidades.

Então, a presente pesquisa será realizada através de estudos de Relatórios Diários de Obras, preenchidos e realizados por engenheiros civis gestores de obras atuando em campo, auxiliares técnicos e estagiários com obras de infraestrutura finalizadas, de uma empresa privada da cidade de Pato Branco – PR.

Os acompanhamentos para preenchimento dos relatórios foram realizados diariamente, a fim de se obter a coleta de informações de maneira mais fidedigna com o executado, pelos engenheiros responsáveis, auxiliares técnicos e estagiários em

Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

Figura 7 - Relatório Diário de Obra

(14.19.3001 - Res. 3) Folha: 02 / 02 NOME: _____ DATA (DD/MM/AAAA): 07/04/2023 SÍMBOLO (Número): _____	
RELATÓRIO DIÁRIO DE OBRA (FIELD DAILY REPORT)	
NOME DA CONTRATADA: _____ ENDEREÇO: _____ CATEGORIA: <input checked="" type="checkbox"/> SERVIÇOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL PARA APLICAÇÃO DE MANUTENÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES	
CONDIÇÃO: <input checked="" type="checkbox"/> PROPOSTA DE SERVIÇOS REQUERENTES APROVAÇÃO DE PROJETO E OUTRO DE CADA PROJETO REALIZADA EM REGIME DE ANO PROLATO NOME DA UNIDADE DA CONTRATAÇÃO: CASO SEU: ETEI de Jaepel, Saneador Chapéu-de-Chuva	
PROJETO CONTRATUAL: _____ Nº: _____ Nº DE ABERTURA: _____ Nº DE EMENDA: _____ Nº DE EMENDA Nº: _____	
TIPO DE OBRA: <input checked="" type="checkbox"/> RESIDENCIAL <input type="checkbox"/> COMERCIAL <input type="checkbox"/> INDUSTRIAL	TIPO DE OBRA: <input checked="" type="checkbox"/> RESIDENCIAL <input type="checkbox"/> COMERCIAL <input type="checkbox"/> INDUSTRIAL
LOCALIZAÇÃO: <input type="checkbox"/> URBANA <input type="checkbox"/> RURAL <input type="checkbox"/> ZONA FRANCA	LOCALIZAÇÃO: <input type="checkbox"/> URBANA <input type="checkbox"/> RURAL <input type="checkbox"/> ZONA FRANCA
DATA DE INÍCIO: 31/05/2023	DATA DE FIM: _____
HISTÓRICO SUMARIZADO DOS SERVIÇOS / OCORRÊNCIAS	
1.00 CASA DE OPERAÇÃO Início obra: 31/05/2023 Registro dos sinais e placas de Casa de Operação.	CONTINUA
2.00 DESENVOLVIMENTO Tratamento dos Efluentes de desenvolvimento Implantação do sistema Atuação da 1ª Equipe de Limpeza Lançamento Unidade 005	CONTINUA
OBSERVAÇÕES: Chegada de 03 conjuntos de BPS. Chegada dos materiais para a fase de instalação da Casa de Operação.	
Assinatura Contratada: _____ Assinatura Contratante: _____	

Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

6 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os estudos de caso e resultados individuais e comparativos de indicadores de produtividade para o processo de estruturas em três obras de saneamento, sendo primeira a Estação de Tratamento de Efluente Industrial (ETEI) Caieiras, no estado de São Paulo, a segunda, ETEI Guapipapéis, no estado do Rio de Janeiro e a última, ETEI Jaepel, no estado de Goiânia, a partir da aplicação de método padronizado. Todas as obras foram executadas pela mesma construtora, com a matriz localizada em Pato Branco-PR, que atua há 20 anos no setor da construção civil em todo o território brasileiro, já tendo desenvolvido obras de diversos setores, como residencial, comercial e infraestrutura, com foco em obras de saneamento.

6.1 ESTUDOS DE CASOS

6.1.1 ETEI CAIEIRAS

Este item tem objetivo de apresentar a obra da Estação de Tratamento de Efluente Industriais - ETEI Caieiras, uma das obras alvo deste estudo. Será apresentada sua localização, suas características técnicas e suas estruturas, e em seguida seu dimensionamento de homens-hora realizados em fases de planejamento e orçamentação a partir da literatura. A partir deste levantamento será possível fazer a análise quanto às diferenças entre o dimensionamento de horas-homem previsto e realizado efetivamente.

6.1.1.1 Apresentação da ETEI Caieiras quanto a localização

A ETEI Caieiras está localizada dentro da planta industrial da empresa CMPC Softys – unidade Caieiras, que atua no ramo papelero, localizada no município de Caieiras-SP. Nas figuras em sequência, pode se observar a localização da ETEI Caieiras.

Figura 8 - Localização CMPC Sofyts Caieiras



Fonte: Google Earth, 2023.

A figura 11 mostra a delimitação da área de implantação da ETEI quanto a planta fabril da CMPC Softys.

Figura 9 - Delimitação da área da ETEI



Fonte: Google Earth, 2023.

6.1.1.2 Estruturas presentes na ETEI Caieiras

A planta consiste em estruturas típicas de uma estação de tratamento de efluente industrial, principalmente em concreto armado, juntamente com estruturas de suporte e controle operacional.

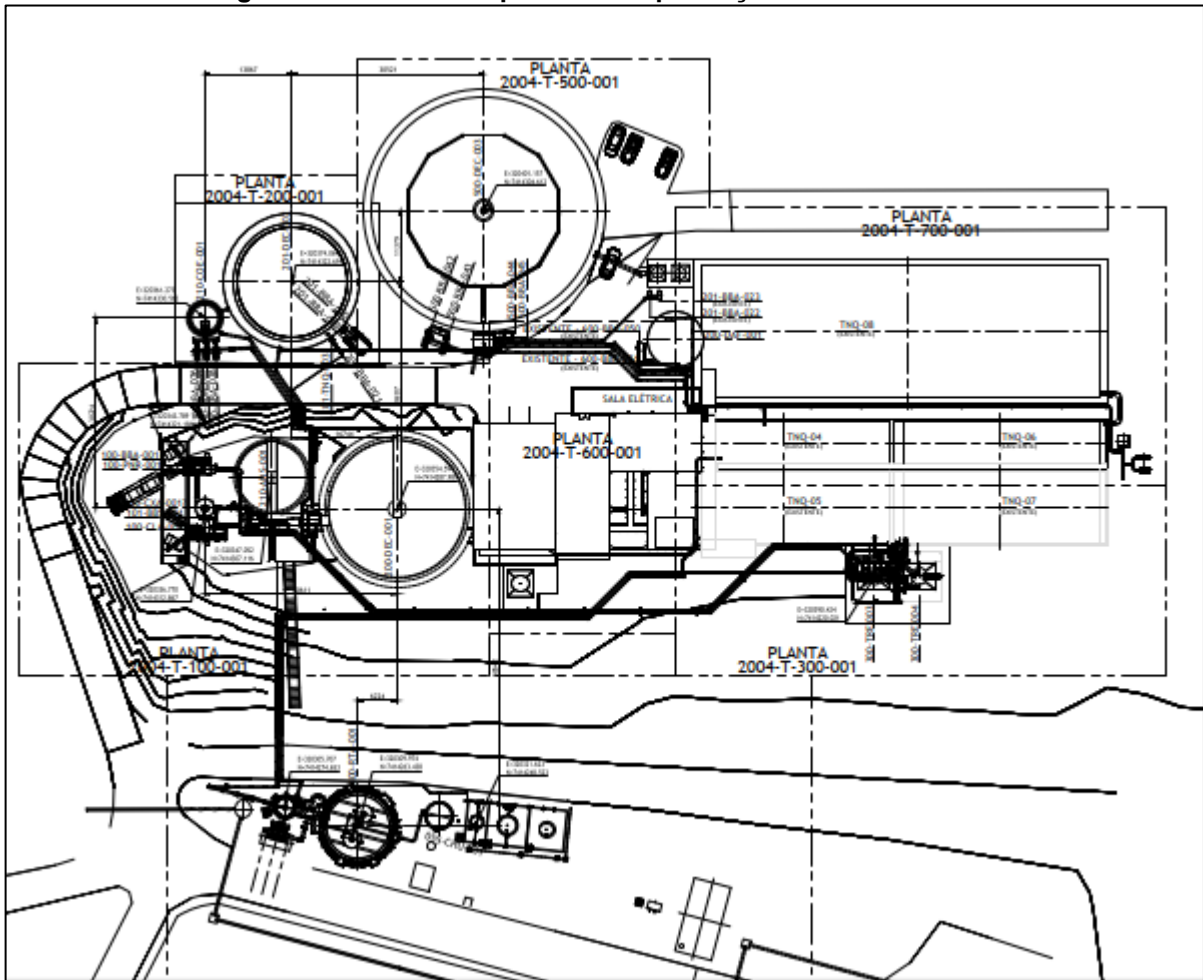
Para as estruturas de concreto armado que entram em contato com o efluente, é utilizado concreto com resistência característica à compressão de 40 MPa, conforme especificado pela ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto, devido à sua exposição à classe de agressividade IV.

As estruturas presentes na planta de implantação (figura 12) implementadas pela empreiteira na ETEI são:

- Decantador Primário;
- Decantador Secundário;

- Contenção de Químicos
- Desaguadora de Lodos;
- Base Flare;
- Casa de Controle;
- Base Gasômetro;
- Pré-Tratamento;
- Base Reator Anaeróbico;
- Base Tanque de Condicionamento;
- Tanque de Equalização;
- Estação elevatória;

Figura 10 - Recorte da planta de implantação da ETEI Caieiras



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

Dentre todas as estruturas implantadas no empreendimento, a fim de delimitar a abrangência da pesquisa para estruturas similares em diferentes obras, foi realizada

a análise e coleta de dados referente a execução do Decantador Primário, conforme descrito em sequência.

6.1.1.3 Decantador Primário

O processo de tratamento preliminar-primário desempenha um papel essencial na preparação do efluente bruto para o tratamento biológico, pois reduz significativamente a carga orgânica que entra no sistema. (LOPES et al, 2013)

Esse processo ocorre em unidades conhecidas como decantadores primários, que podem ter formatos cilíndricos ou retangulares. Nesses tanques, os esgotos permanecem por um determinado período de tempo, permitindo a separação dos sólidos mais densos do líquido. No fundo do tanque, braços giratórios e rodos são usados para direcionar o lodo para uma área central, de onde é encaminhado para o tratamento de lodos. Na superfície, o líquido decantado é coletado através de vertedores e conduzido para o tratamento secundário de esgoto. É comum a formação de uma camada de espuma na superfície dos decantadores, por isso utiliza-se uma barreira para capturar a espuma e evitar que ela seja arrastada junto com o líquido decantado. A espuma coletada é enviada para o digestor. (GEHLING, 2017).

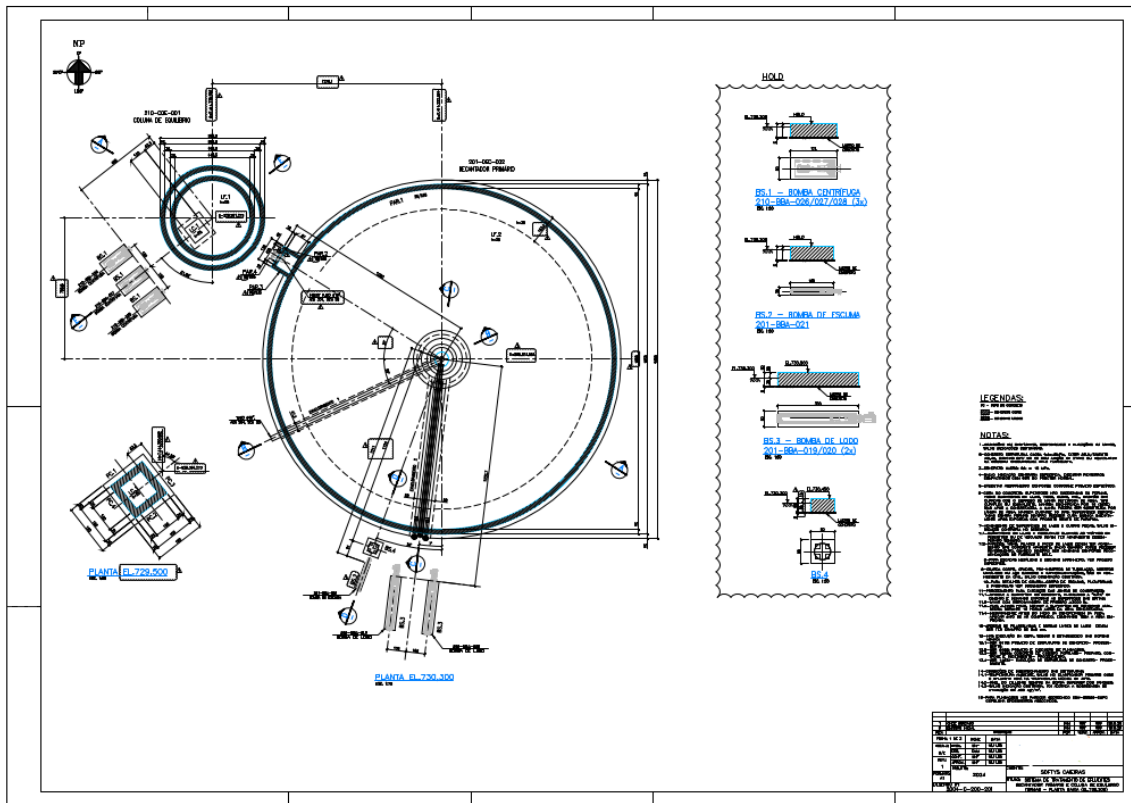
Nas tabelas 3, figuras 14 e 15 em sequência são expostas as principais características da estrutura do Decantador Primário da obra em questão.

Tabela 3 - - Características principais decantador primário

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	
DIÂMETRO (m)	21,77
ALTURA PAREDE (m)	5,00
ÁREA DE LAJE (m ²)	372,22
CONCRETO (m ³)	193,56
AÇO (kg)	15752,00
FORMA (m ²)	958,30

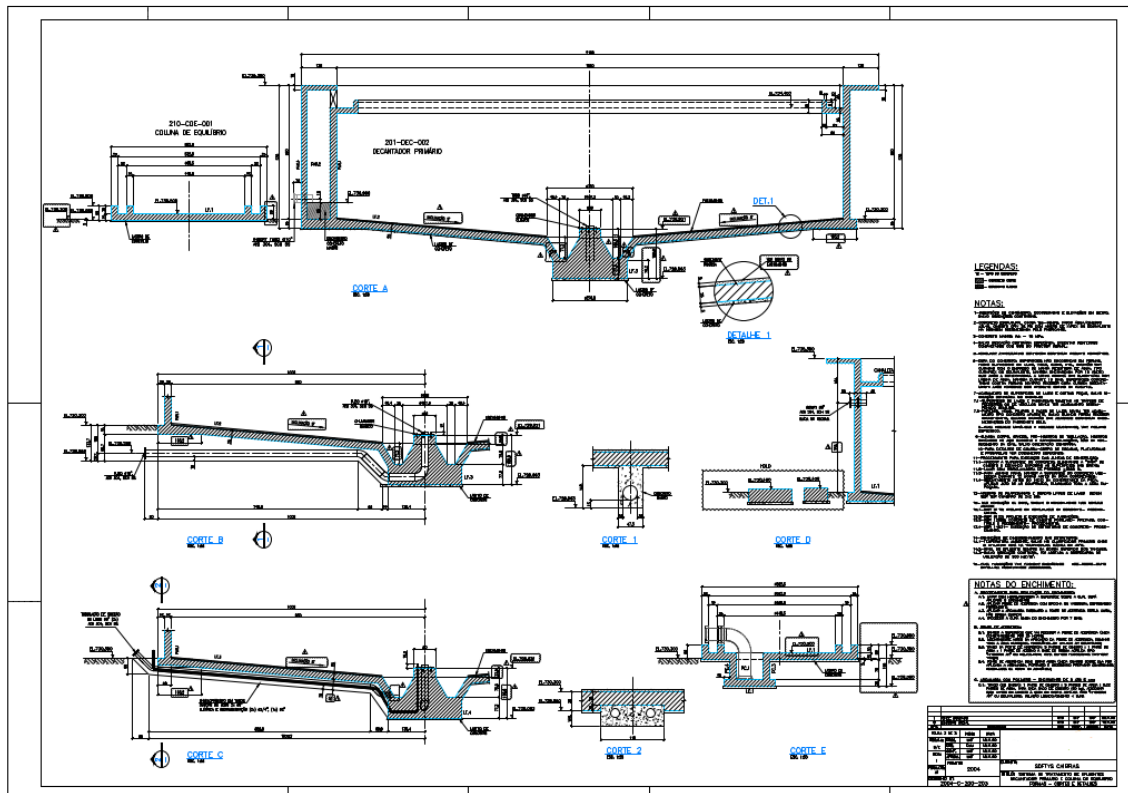
Fonte: Aatoria Própria, 2023.

Figura 11 - Planta baixa decantador primário



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

Figura 12 - Cortes e detalhamentos decantador primário



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

6.1.1.4 Dimensionamento Previsto

Para que a empresa seja contratada para a obra, primeiramente ela deve ser convidada a participar do processo de orçamentação, pelas empresas responsáveis pela tecnologia por trás das obras de estações de tratamento de efluente ou água.

Ao receber o convite, o departamento comercial recebe todas as informações sobre as características da obra e seus projetos. A empresa então estuda os projetos e, em seguida, inicia o processo de orçamentação.

Após o estudo, é realizado o levantamento das quantidades necessárias para a obra, seguido do dimensionamento de mão de obra necessário, baseando-se em indicadores da literatura, como a tabela de composições SINAPI e SICRO, e históricos de produtividade da empresa. Para a equalização das composições entre as diferentes literaturas, é feita a seleção do índice com o cenário mais conservador, ou seja, o coeficiente que resulta em um maior dimensionamento de homem hora por serviço. Além da primeira consideração conservadora, é utilizado um critério de improdutividade sobre o serviço de 50%, aumentando assim os valores dos coeficientes de rendimento. Desta maneira, na figura a seguir se apresenta os coeficientes utilizados pela empresa em questão para seus orçamentos e planejamentos de obra.

Tabela 4 - Coeficientes Empresa alvo de estudo

COEFICIENTES EMPRESA ALVO DO ESTUDO							Total	Total + Improdutividade
Serviço	Profissional	Pedreiro	Armador	Carpinteiro	Montador	Servente		
Concreto Usinado	0,363	0,363	-	-	-	0,544	0,907	1,361
Concreto Rodado em Obra	1,540	1,540	-	-	-	2,440	3,980	5,970
Concreto Magro	2,291	2,291	-	-	-	2,110	4,401	6,601
Graut	0,835	0,835	-	-	-	1,671	2,506	3,759
Forma de Madeira	1,566	-	-	1,566	-	0,555	2,121	3,182
Forma Metálica	0,244	-	0,244	-	-	0,036	0,280	0,420
Cimbramento	0,027	-	-	-	0,027	0,053	0,080	0,120
Aço CA - 60 - 5 mm	0,080	-	0,080	-	-	0,080	0,160	0,240
Aço CA - 50 - 6,3 mm	0,090	-	0,090	-	-	0,090	0,180	0,270
Aço CA - 50 - 8 mm	0,090	-	0,090	-	-	0,090	0,180	0,270
Aço CA - 50 - 10 mm	0,090	-	0,090	-	-	0,090	0,180	0,270
Aço CA - 50 - 12,5 mm	0,090	-	0,090	-	-	0,090	0,180	0,270

Fonte: Autoria própria, 2023.

Na sequência são expostos o dimensionamento previsto em fase de orçamentação e planejamento total, e sua distribuição para cada macro serviço da

execução (formas, armação de aço e concretagens) do Decantador primário da ETEI Caieiras.

Este dimensionamento de mão de obra engloba a utilização de armadores, carpinteiros, pedreiros, montadores e serventes, cada qual atuando nas suas respectivas funções e atividades. Para esse dimensionamento, foi considerada uma equipe variável ao longo dos três meses previstos para a execução da estrutura, sendo no primeiro mês dimensionado para uma equipe de 5 pessoas, 10 pessoas para o segundo, e uma equipe de 3 colaboradores para o terceiro.

Está sendo considerado também que os trabalhadores atuam em média 10 horas por dia, de segunda-feira a sexta-feira, e nos sábados 8 horas por dia, totalizando uma carga horária de 58 horas semanais por trabalhador.

Para os meses previstos para a execução do decantador primário foi realizada uma média dos dias úteis e sábados a serem trabalhados, chegando em um resultado de 22,32 dias uteis por mês e 3,52 sábados.

Tabela 5 -Dimensionamento total de H.h

SERVIÇO	UND	QUANTITATIVO DE SERVIÇO	COEFICIENTE DE PRODUTIVIDADE	DIMENSIONAMENTO DE H.h
FORMAS METÁLICAS	M ²	958,30	0,420	402,49
ARMAÇÃO DE AÇO (6,3 -12,5 mm)	KG	15752,00	0,270	4253,04
CONCRETAGEM	M ³	193,56	1,361	263,44
TOTAL DE H.h DIMENSIONADO				4918,96

Fonte: Autoria própria, 2023

6.1.1.5 Serviços Executados

A coleta de dados para todos os serviços considerados para a estrutura foi feita diariamente durante todo o período executivo, coletados pelo auxiliar técnico em campo, separando a quantidade de homens desempenhados para cada macro serviço da estrutura (armação, montagem e desmontagem de formas e concretagem).

Os serviços de armação de aço foram realizados por uma equipe composta exclusivamente por armadores. O processo inicia-se com o recebimento de aço em obra. Inicialmente, foi realizado um planejamento levando em consideração as especificações do projeto estrutural. Com base nesse planejamento, foi feito o pedido do aço de acordo com as quantidade e bitolas necessárias para cada etapa do

empreendimento. Após o recebimento, o aço cortado e dobrado deve ser armazenado de forma apropriada, protegido contra intempéries e organizado em uma área designada para esse fim.

Com o material organizado e separado, inicia-se o corte, dobra e armação do aço, seguindo pela amarração e a fixação adequada para garantir a estabilidade e a resistência da estrutura. As bitolas das armaduras foram confeccionadas com aço CA-50, e variavam entre 8 mm, 10 mm e 12,5 mm. Os armadores utilizavam equipamentos como serra de policorte, bancada própria para armação e cortadores de vergalhões. Uma vez concluída essa etapa, começa o posicionamento das armaduras na estrutura.

Figura 13 - Posicionamento das armaduras de laje de fundo do decantador primário



. Fonte: Acervo da empresa. 2023

A formas metálicas utilizadas nesta obra foram alugadas pela empresa. Desta forma o processo dado neste serviço começou com o recebimento dessas formas metálicas no canteiro de obra, organizando-as com a ajuda de caminhão Munck e guincho, de forma a futuramente e realizar a montagem que envolve as várias etapas.

Após o recebimento, as formas metálicas foram organizadas de acordo com as especificações do projeto. Isso envolve a separação por tipo, tamanho e função das peças metálicas, garantindo uma organização adequada para facilitar o processo de montagem posteriormente.

O próximo passo é realizar a montagem das formas metálicas na estrutura desejada. Isso requer atenção quanto ao travamento das formas, para que não ocorra aberturas durante o processo de concretagem, causando patologias e deformidades no concreto. Durante a montagem, é importante garantir a estabilidade e segurança das formas metálicas. Isso pode envolver o uso de andaimes para fornecer acesso seguro aos trabalhadores e permitir a montagem adequada das estruturas metálicas. Os andaimes foram montados de acordo com as normas de segurança estabelecidas, garantindo uma plataforma estável e segura para os trabalhadores realizarem suas tarefas.

Figura 14 - Montagem e travamento das formas metálicas



Fonte: Acervo da empresa. 2023

Após a preparação da forma e das ferragens, foi realizado as etapas de lançamento do concreto usinado. O concreto é transportado até o local da obra por meio de caminhões-betoneira. Com o concreto na obra, inicia-se a fase de adensamento. Nessa etapa, são utilizados vibradores para eliminar bolhas de ar e garantir a compactação adequada do concreto, preenchendo todos os espaços da estrutura. O adensamento é realizado de maneira uniforme, evitando segregação e assegurando a resistência e a durabilidade da estrutura.

Figura 15 - Concretagem da laje de fundo



Fonte: Acervo da empresa, 2023

Após o adensamento, ocorre o nivelamento e o acabamento da superfície do concreto. Isso pode ser feito por meio de réguas e taliscas, garantindo uma superfície plana e nivelada. Com isso inicia-se o processo de cura, a utilização de lonas plásticas e umectação do concreto, para evitar a perda de umidade e promover uma cura adequada.

A execução do decantador primário da ETEI Caieiras teve início no dia 29/03/2021, sendo finalizado em 12/08/2021, totalizando 136 dias corridos, porém, neste período apenas 78 dias foram trabalhados na estrutura. Na figura 19, disposta na sequência, apresenta-se o decantador primário finalizado, seguida pela Figura 20 em sequência apresenta-se o efetivo realizado de Homens hora (H.h) por serviço na estrutura do decantador primário.

Figura 16 - Decantador Primário finalizado



- Fonte: Acervo da empresa.

Tabela 6 - Efetivo realizado de H.h por serviço

SERVIÇO	REALIZADO DE H.h
FORMAS METÁLICAS	2092,00
ARMAÇÃO DE AÇO (6,3 -12,5 mm)	1606,00
CONCRETAGEM	1372,00
TOTAL DE H.h REALIZADO	5070,00

Fonte: Autoria própria, 2023.

Na sequência se apresenta uma comparação entre os valores realizados pela empresa as quantidades de dimensionamento realizadas teóricas, realizadas a partir de composições dos índices obtidos na SINAPI (2021) e no SICRO (2021). As composições selecionadas da literatura foram escolhidas com base na maior proximidade com o serviço executado, conforme exposto nas figuras 5 e 6.

Tabela 7 - Valores realizados e obtidos via literatura

SERVIÇO	REALIZADO DE H.h (H.h)	PREVISTO - SINAPI (H.h)	PREVISTO - SICRO (H.h)
FORMAS METÁLICAS	2092,00	-	307,61
ARMAÇÃO DE AÇO (6,3 -12,5 mm)	1606,00	1370,42	2835,36
CONCRETAGEM	1372,00	175,56	62,13
TOTAL DE H.h REALIZADO	5070,00	1545,98	3205,11

Fonte: Autoria própria, 2023.

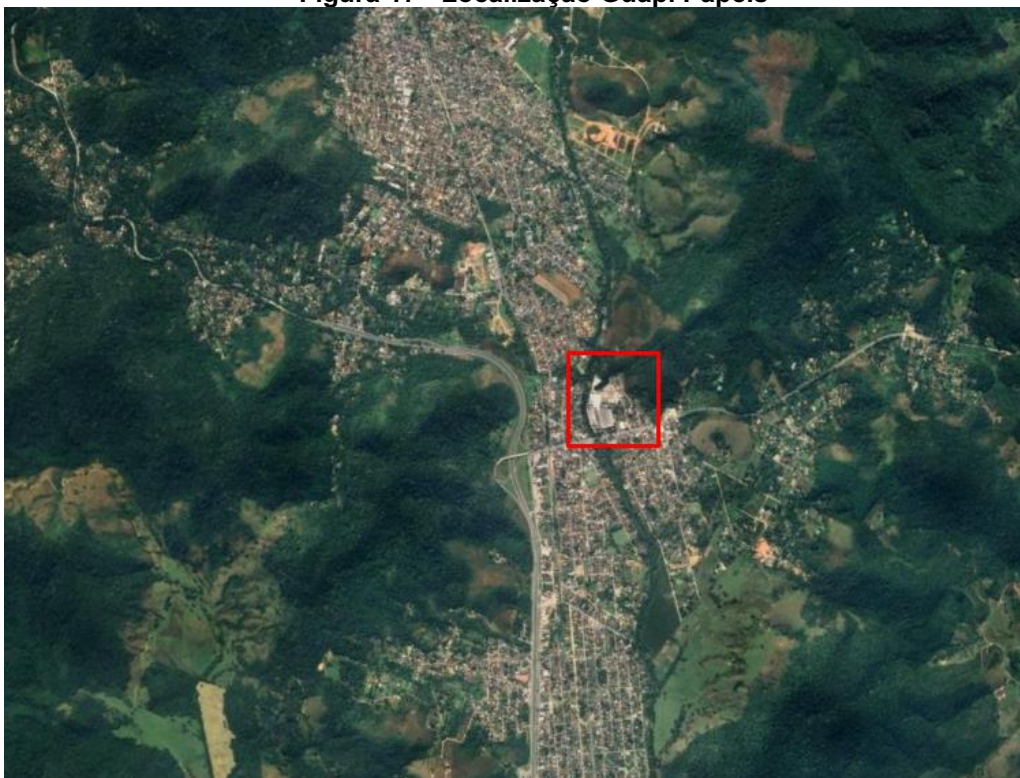
6.1.2 ETEI GUAPIPAPEIS

Este item tem objetivo de apresentar a obra da Estação de Tratamento de Efluente Industriais - ETEI Guapipapéis, a segunda das obras alvo deste estudo. Será apresentada sua localização, suas características técnicas e suas estruturas, e em seguida seu dimensionamento de homens-hora realizados em fases de planejamento e orçamentação a partir da literatura, por assim então, ser possível fazer a análise quanto as diferenças entre o dimensionamento de horas-homem previsto e realizado efetivamente

6.1.2.1 Apresentação da ETEI Guapipapeis quanto a localização

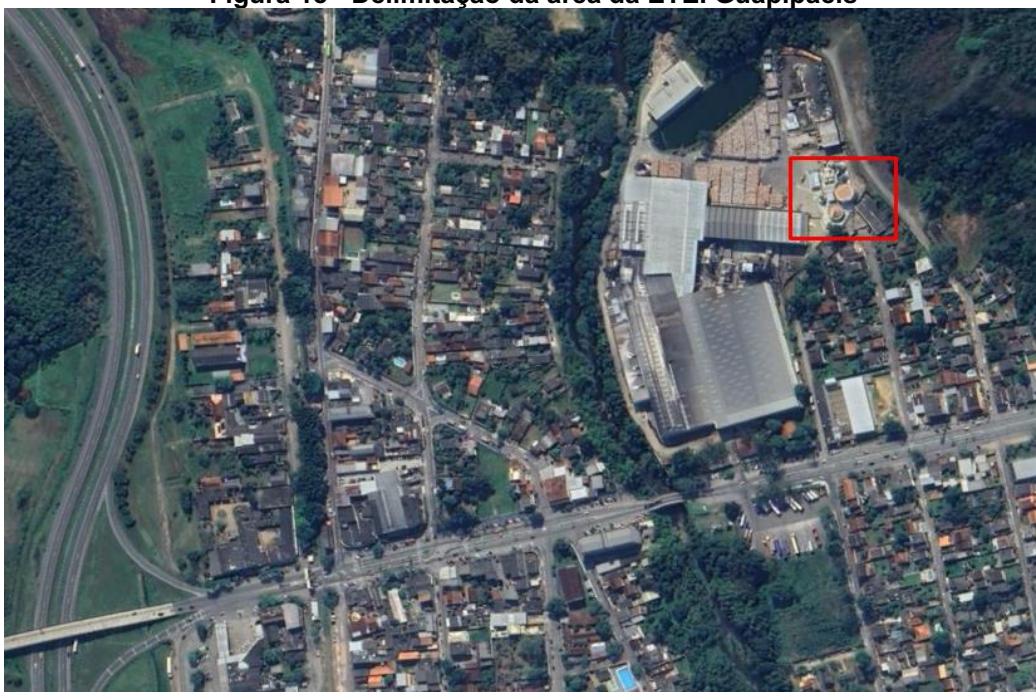
A ETEI Guapipapéis está localizada dentro da planta industrial da empresa Guapi Papéis, que atua no ramo papeleiro, localizada no município de Guapimirim-RJ. Nas figuras em sequência, pode se observar a localização da ETEI Guapipapéis

Figura 17 - Localização Guapi Papéis



Fonte: Google Earth, 2023.

Figura 18 - Delimitação da área da ETEI Guapiapéis



Fonte: Google Earth, 2023.

6.1.2.2 Estruturas presentes na ETEI Guapipapéis

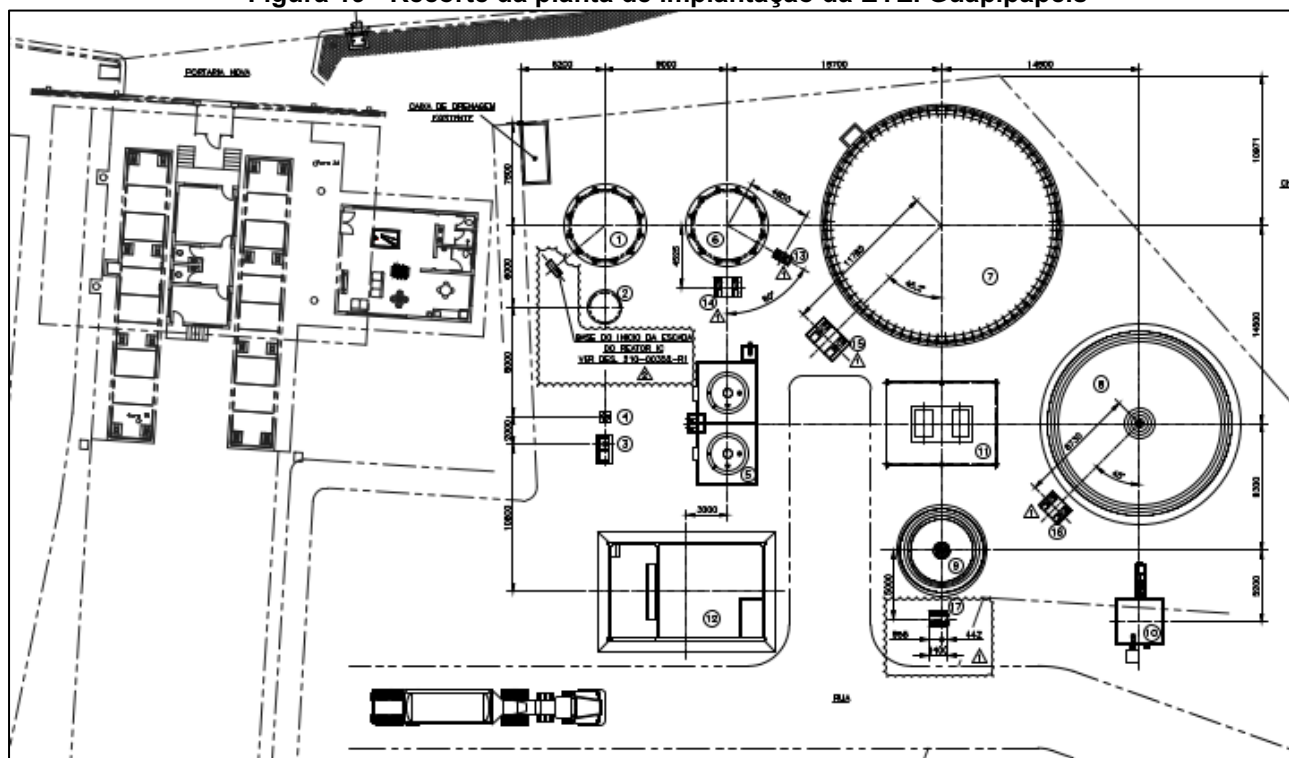
Assim como a ETEI Caieiras, a planta da ETEI Jaepel consiste em estruturas características de uma estação de tratamento de efluente industrial, principalmente em concreto armado, juntamente com estruturas metálicas e de suporte e controle operacional.

Para as estruturas de concreto armado que entram em contato com o efluente, é utilizado concreto com resistência característica à compressão de 40 MPa, conforme especificado pela ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto, devido à sua exposição à classe de agressividade IV.

As estruturas presentes na planta de implantação (figura 26) implementadas pela empreiteira na ETEI são:

- Reator IC
- Gasômetro;
- Tanque de aeração;
- Decantador secundário;
- Adensador de lodo;
- Bacia de contenção de químicos;
- Casa de sopradores;
- Laboratório e CCM

Figura 19 - Recorte da planta de implantação da ETEI Guapipapéis



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

Dentre todas as estruturas implantadas no empreendimento, a fim de delimitar a abrangência da pesquisa para estruturas similares em diferentes obras, foi realizada a análise e coleta de dados referente a execução do Decantador Secundário, conforme descrito em sequência.

6.1.2.3 Decantador Secundário

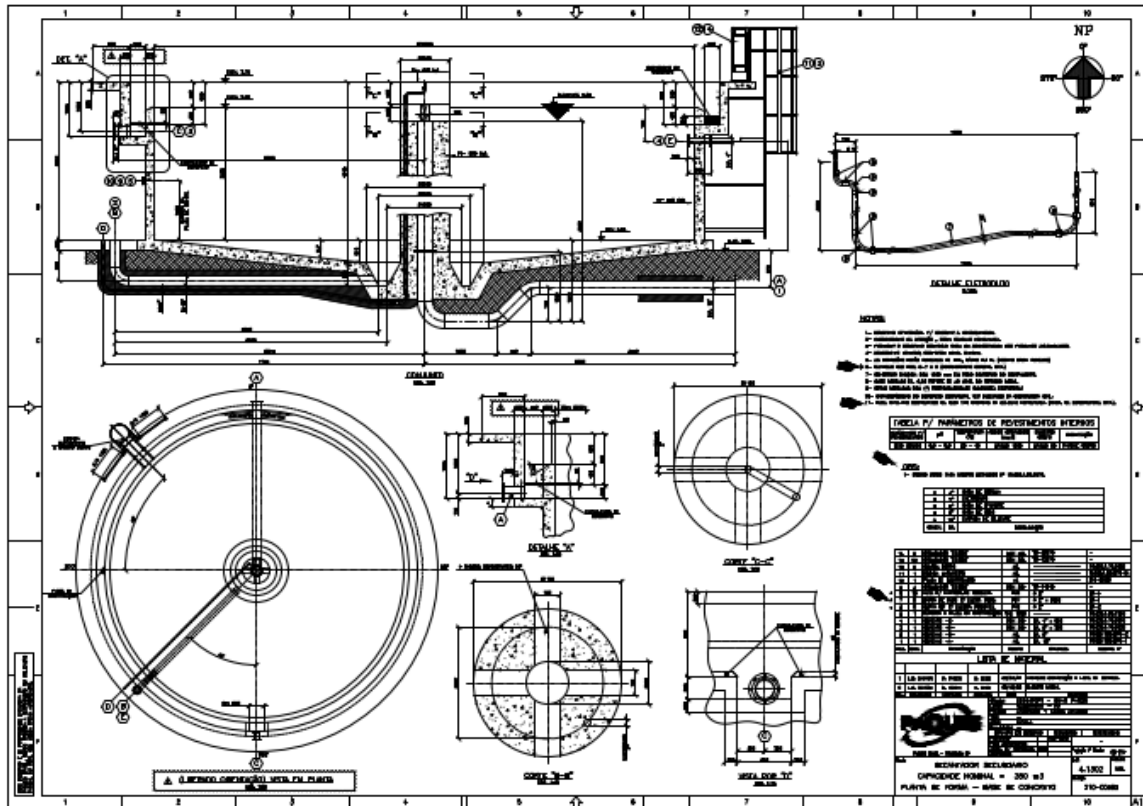
Nas figuras em sequência são expostas as principais características da estrutura do Decantador Secundário da obra em questão.

Tabela 8 - Características principais decantador secundário

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	
DIÂMETRO (m)	12,40
ALTURA PAREDE (m)	3,50
ÁREA DE LAJE (m ²)	120,76
CONCRETO (m ³)	79,15
AÇO (kg)	6659,00
FORMA (m ²)	354,67

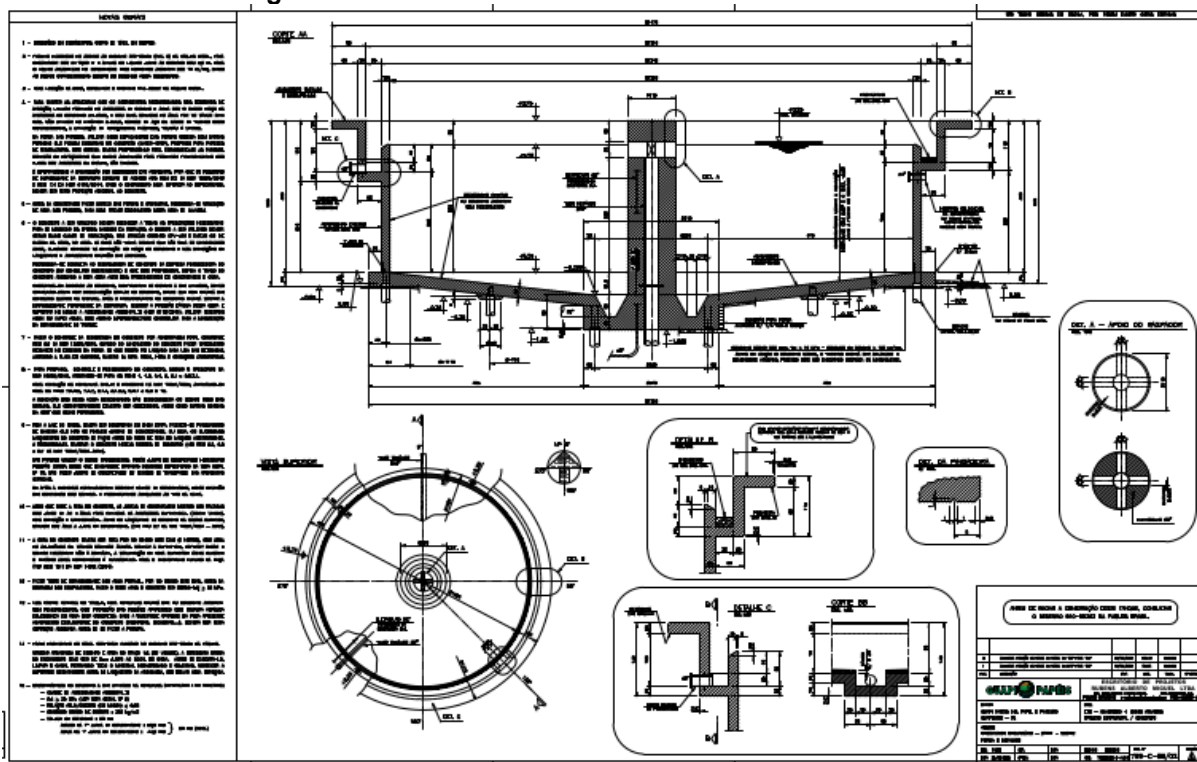
Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 20 - Planta baixa, corte e detalhamento decantador secundário



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

Figura 21 - Cortes e detalhamento decantador secundário



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

6.1.2.4 Dimensionamento previsto

Se tratando da mesma empresa que executou ambas as obras em estudo, o dimensionamento de mão de obra de execução segue o mesmo proposto no item 6.1.1.4 – Dimensionamento Previsto. Sedo ele: Estudo de projetos, levantamento de quantitativos, seguido do dimensionamento de mão de obra necessário, baseando-se em indicadores da literatura, como a tabela de composições SINAPI e SICRO, e históricos de produtividade da empresa, considerando as composições que melhor refletem as estruturas a serem executadas, considerando ainda uma improdutividade de 50% em cima. As composições utilizadas para o presente dimensionamento são retratadas na figura 14.

Na sequência são expostos o dimensionamento previsto em fase de orçamentação e planejamento total, e sua distribuição para cada macro serviço da execução (formas, armação de aço e concretagens) do Decantador secundário da ETEI Guapipapéis.

O dimensionamento da mesma forma que anteriormente, engloba a utilização de mão de obra de armadores, carpinteiros, pedreiros, montadores e serventes, cada

qual atuando nas suas respectivas funções e atividades. Para esse dimensionamento, foi considerada uma equipe variável ao longo de aproximadamente 2 meses previstos para a execução da estrutura, sendo no primeiro mês dimensionado para uma equipe de 5 pessoas e uma equipe de 6 pessoas para o segundo.

Está sendo considerado também que os trabalhadores atuam em média 10 horas por dia, de segunda-feira a sexta-feira, e nos sábados 8 horas por dia, totalizando uma carga horária de 58 horas semanais por colaborador.

Para os meses previstos para a execução do decantador secundário foi realizada uma média dos dias úteis e sábados a serem trabalhados, chegando em um resultado de 22,32 dias uteis por mês e 3,52 sábados

Tabela 9 - Dimensionamento total de H.h

SERVIÇO	UND	QUANTITATIVO DE SERVIÇO	COEFICIENTE DE PRODUTIVIDADE	DIMENSIONAMENTO DE H.h
FORMAS METÁLICAS	M ²	354,67	0,420	148,96
ARMAÇÃO DE AÇO (6,3 -12,5 mm)	KG	6659,00	0,270	1797,93
CONCRETAGEM	M ³	79,15	1,361	107,72
TOTAL DE H.h DIMENSIONADO				2054,61

Fonte: Autoria Própria, 2023

6.1.2.5 Serviços executados

A base de serviços executados para o Decantador secundário da ETEI Guapipapeis segue os mesmos processos expostos no item 6.1.1.5 – Serviços Executados, sendo eles armação, montagem e desmontagem de formas e concretagem

Os serviços de armação de aço foram realizados por uma equipe composta exclusivamente por armadores. O processo se dá pelo recebimento de aço em obra, organização, corte, dobra e armação do aço, seguindo pela amarração e a fixação. As bitolas das armaduras foram confeccionadas com aço CA-50, e variavam entre 8 mm, 10 mm e 12,5 mm.

A formas metálicas utilizadas nesta obra foram alugadas pela empresa, desta forma o processo dado neste serviço começou com o recebimento metálicas no canteiro de obra, organização, montagem e travamento das formas, com utilização dos equipamentos e suportes necessários.

Figura 22 - Montagem e travamento das fôrmas



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

Após a preparação da forma e das ferragens, foi realizado as etapas de lançamento do concreto usinado. O concreto é transportado até o local da obra por meio de caminhões-betoneira. Com o concreto na obra, faz-se o lançamento do mesmo nas estruturas e o adensamento. Após o adensamento, ocorre o nivelamento e o acabamento da superfície do concreto.

Figura 23 - Concretagem das paredes do Decantador Secundário



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

A execução do decantador secundário da ETEI Guapipapeis teve início no dia 24/09/2021, sendo finalizado em 19/01/2022, totalizando 117 dias corridos, porém, neste período apenas 68 dias foram trabalhados na estrutura. Na Figura 33 em sequência apresenta-se o efetivo realizado de Homens hora (H.h) por serviço na estrutura do decantador secundário.

Tabela 10 - Efetivo realizado de H.h por serviço

SERVIÇO	REALIZADO DE H.h
FORMAS METÁLICAS	510,00
ARMAÇÃO DE AÇO (6,3 -12,5 mm)	1130,00
CONCRETAGEM	90,00
TOTAL DE H.h REALIZADO	1730,00

Fonte: Autoria própria, 2023

Na sequência se apresentam junto aos valores realizados pela empresa as quantidades de dimensionamento realizadas teóricas por composições dos índices obtidos na SINAPI (2021) e no SICRO (2021). As composições selecionadas da literatura foram escolhidas com base na maior proximidade com o serviço executado, conforme exposto nas figuras 5 e 6.

Tabela 11 - Valores realizados e obtidos via literatura

SERVIÇO	REALIZADO DE H.h(H.h)	PREVISTO - SINAPI (H.h)	PREVISTO - SICRO (H.h)
FORMAS METÁLICAS	510,00	-	113,85
ARMAÇÃO DE AÇO(6,3 -12,5 mm)	1130,00	579,33	1198,62
CONCRETAGEM	90,00	6,89	25,41
TOTAL DE H.h REALIZADO	1730,00	586,22	1337,88

Fonte: Autoria própria, 2023

6.1.3 ETEI JAEPEL

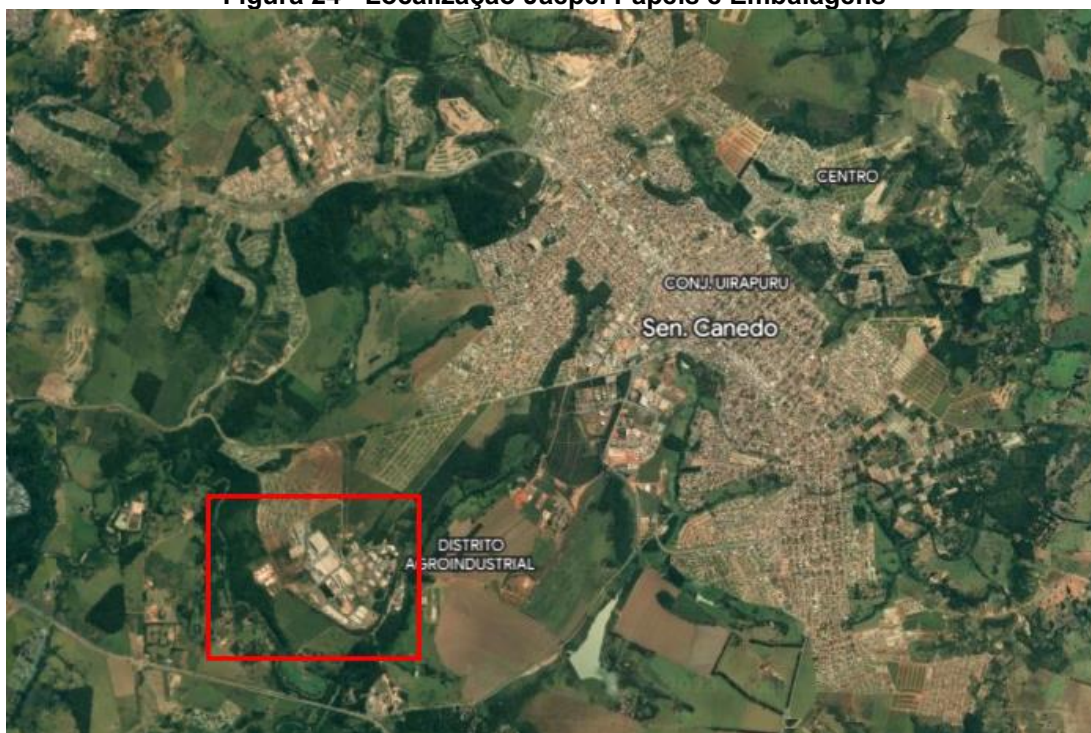
Este item tem objetivo de apresentar a obra da Estação de Tratamento de Efluente Industriais - ETEI Jaepel, a terceira das obras alvo deste estudo. Será apresentada sua localização, suas características técnicas e suas estruturas, e em seguida seu dimensionamento de homens-hora realizados em fases de planejamento e orçamentação a partir da literatura, por assim então, ser possível fazer a análise

quanto as diferenças entre o dimensionamento de horas-homem previsto e realizado efetivamente

6.1.3.1 Apresentação da ETEI Jaepel quanto a localização

A ETEI Jaepel está localizada dentro da planta industrial da empresa Jaepel Papéis e Embalagens, que atua no ramo papeleiro, localizada no município de Senador Canedo-GO. Nas figuras em sequência, pode se observar a localização da ETEI Jaepel.

Figura 24 - Localização Jaepel Papéis e Embalagens



Fonte: Google Earth, 2023.

Figura 25 - Delimitação da ETEI Jaepel



Fonte: Google Earth, 2023.

6.1.3.2 Estruturas presentes na ETEI Jaepel

Assim como a ETEI Caieiras e ETEI Guapipapéis, a planta da ETEI Jaepel consiste em estruturas típicas de uma estação de tratamento de efluente industrial, principalmente em concreto armado, juntamente com estruturas de suporte e controle operacional.

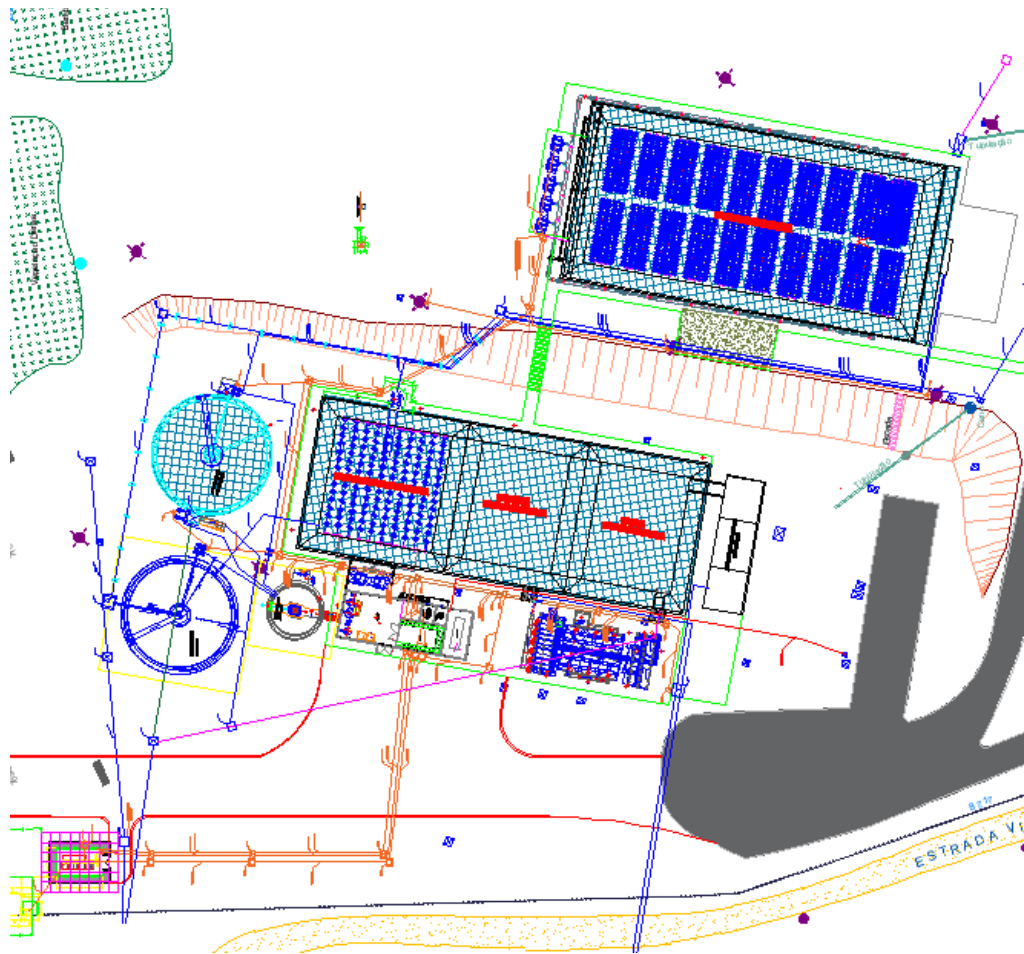
Para as estruturas de concreto armado que entram em contato com o efluente, é utilizado concreto com resistência característica à compressão de 40 MPa, conforme especificado pela ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto, devido à sua exposição à classe de agressividade IV.

As estruturas presentes na planta de implantação (figura 20) implementadas pela empreiteira na ETEI são:

- Decantador Primário;
- Adensador de Lodo;
- Casa de operação;
- Tanque de equalização;

- Decantador Secundário;

Figura 26 - Recorte da planta de implantação da ETEI Jaepel



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

Dentre todas as estruturas implantadas no empreendimento, a fim de delimitar a abrangência da pesquisa para estruturas similares em diferentes obras, foi realizada a análise e coleta de dados referente a execução do Decantador Primário, conforme descrito em sequência.

6.1.3.3 Decantador Primário

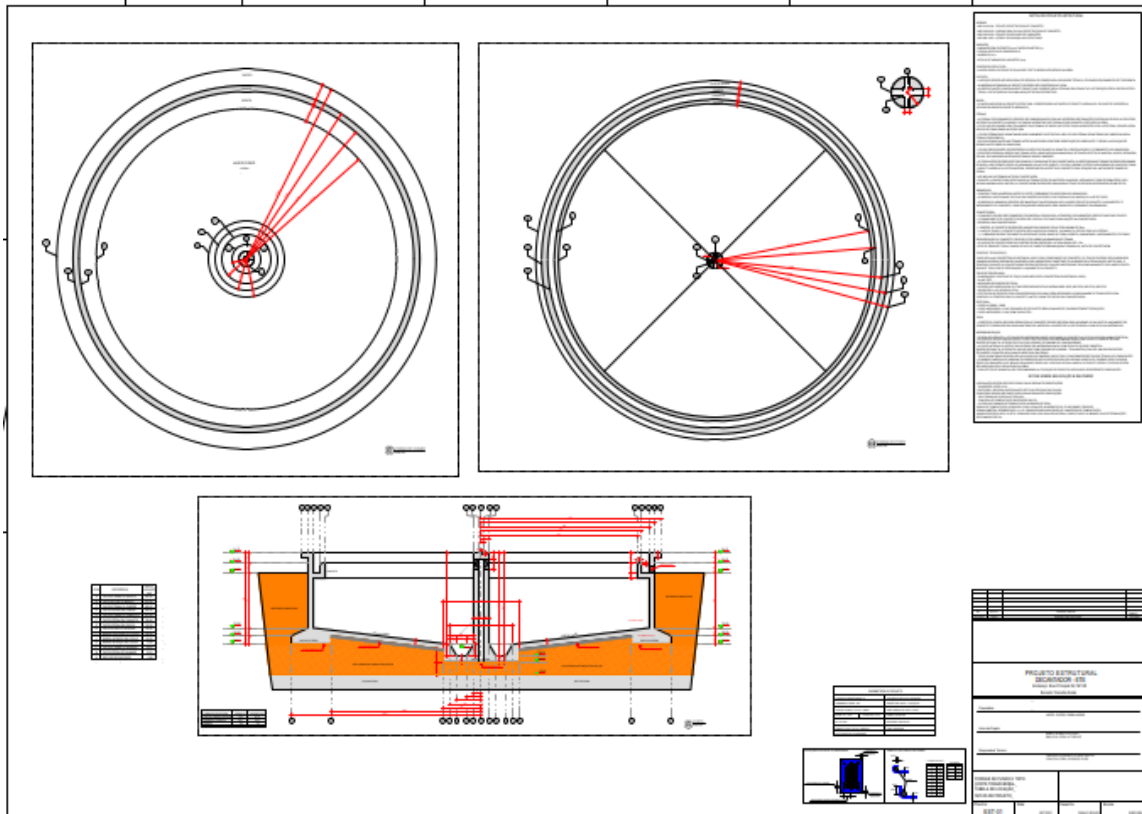
Nas figuras em sequência são expostas as principais características da estrutura do Decantador Primário da obra em questão.

Tabela 12 - Características principais decantador primário

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS	
DIÂMETRO (m)	19,16
ALTURA PAREDE (m)	3,80
ÁREA DE LAJE (m ²)	288,32
CONCRETO (m ³)	214,62
AÇO (kg)	15962,00
FORMA (m ²)	713,67

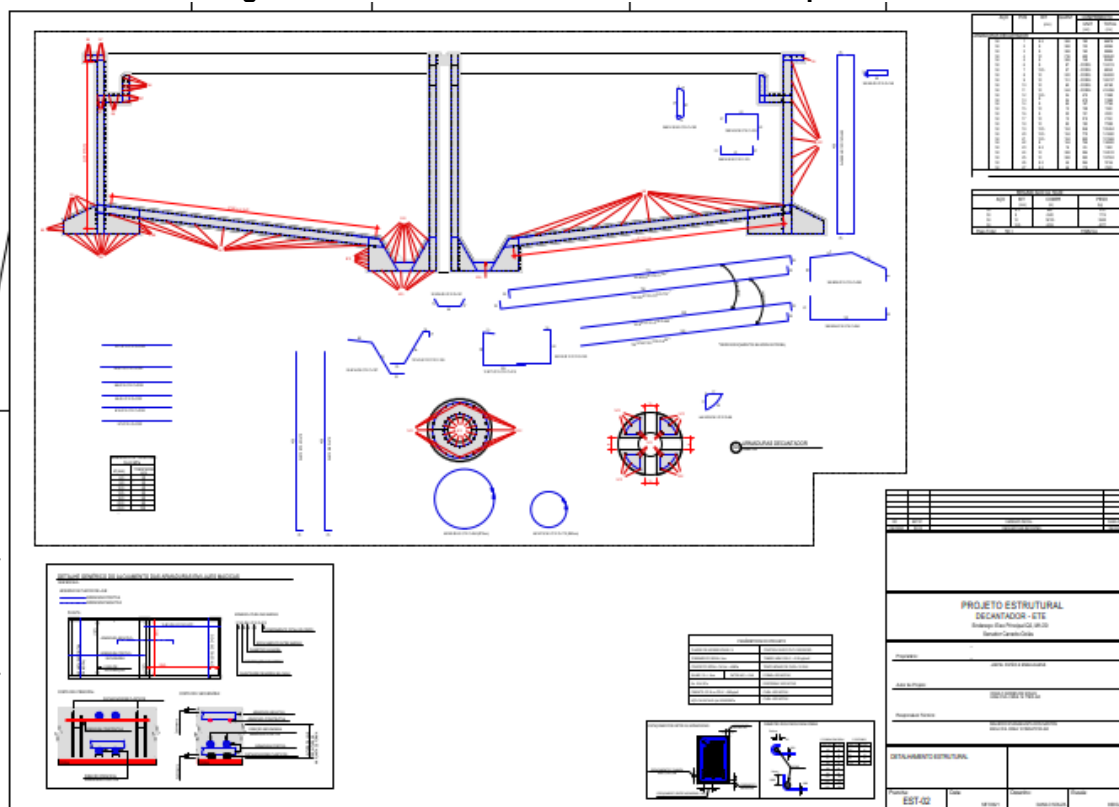
Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 27 - Planta baixa, corte e detalhamento decantador primário



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

Figura 28 - Cortes e detalhamento decantador primário



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

6.1.3.4 Dimensionamento Previsto

Se tratando da mesma empresa que executou ambas as obras, o dimensionamento de mão de obra de execução segue o mesmo proposto no item 6.1.1.4 – Dimensionamento Previsto. Sedo ele: Estudo de projetos, levantamento de quantitativos, seguido do dimensionamento de mão de obra necessário, baseando-se em indicadores da literatura, como a tabela de composições SINAPI e SICRO, e históricos de produtividade da empresa, considerando as composições que melhor refletem as estruturas a serem executadas, considerando ainda uma improdutividade de 50% em cima. As composições utilizadas para o presente dimensionamento são retratadas na figura 14.

Na sequência são expostos o dimensionamento previsto em fase de orçamentação e planejamento total, e sua distribuição para cada macro serviço da execução (formas, armação de aço e concretagens) do Decantador primário da ETEI Jaepel.

O dimensionamento da mesma forma que anteriormente engloba a utilização de mão de obra de armadores, carpinteiros, pedreiros, montadores e serventes, cada qual atuando nas suas respectivas funções e atividades. Para esse dimensionamento, foi considerada uma equipe variável ao longo de aproximadamente 3 meses previstos para a execução da estrutura, sendo no primeiro mês dimensionado para uma equipe de 4 pessoas, 14 pessoas para o segundo, e uma equipe de 5 colaboradores para o terceiro.

Está sendo considerado também que os trabalhadores atuam em média 10 horas por dia, de segunda-feira a sexta-feira, e nos sábados 8 horas por dia, totalizando uma carga horária de 58 horas semanais por colaborador.

Para os meses previstos para a execução do decantador primário foi realizada uma média dos dias úteis e sábados a serem trabalhados, chegando em um resultado de 22,32 dias uteis por mês e 3,52 sábados.

Tabela 13 - Dimensionamento total de H.h

SERVIÇO	UND	QUANTITATIVO DE SERVIÇO	COEFICIENTE DE PRODUTIVIDADE	DIMENSIONAMENTO DE H.h
FORMAS METÁLICAS	M ²	713,67	0,420	299,74
ARMAÇÃO DE AÇO (6,3 -12,5 mm)	KG	15962,00	0,270	4309,74
CONCRETAGEM	M ³	214,62	1,361	292,10
TOTAL DE H.h DIMENSIONADO				4901,58

Fonte: Autoria própria, 2023

6.1.3.5 Serviços Executados

A base de serviços executados para o Decantador primário da ETEI Jaepel segue os mesmos processos expostos no item 6.1.1.5 – Serviços Executados, sendo eles armação, montagem e desmontagem de formas e concretagem

Os serviços de armação de aço foram realizados por uma equipe composta exclusivamente por armadores. O processo se dá pelo recebimento de aço em obra, organização, corte, dobra e armação do aço, seguindo pela amarração e a fixação. As bitolas das armaduras foram confeccionadas com aço CA-50, e variavam entre 8 mm, 10 mm e 12,5 mm.

Figura 29 - Armação laje de fundo decantador primário



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

A formas metálicas utilizadas nesta obra foram alugadas pela empresa, desta forma o processo dado neste serviço começou com o recebimento metálicas no canteiro de obra, organização, montagem e travamento das formas, com utilização dos equipamentos e suportes necessários.

Figura 30 - Montagem e travamento das fôrmas



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

Após a preparação da forma e das ferragens, foi realizado as etapas de lançamento do concreto usinado. O concreto é transportado até o local da obra por meio de caminhões-betoneira. Com o concreto na obra, faz-se o lançamento do mesmo nas estruturas e o adensamento. Após o adensamento, ocorre o nivelamento e o acabamento da superfície do concreto.

Figura 31 - Concretagem das paredes do Decantador Primário



Fonte: Acervo da empresa estudada, 2023.

A execução do decantador primário da ETEI Jaepel teve início no dia 28/02/2022, sendo finalizado em 06/06/2022, totalizando 98 dias corridos, porém, neste período apenas 69 dias foram trabalhados na estrutura. Na Figura 16 em sequência apresenta-se o efetivo realizado de Homens hora (H.h) por serviço na estrutura do decantador primário.

Tabela 14 - Efetivo realizado de H.h por serviço

SERVIÇO	REALIZADO DE H.h
FORMAS METÁLICAS	2786,00
ARMAÇÃO DE AÇO (6,3 -12,5 mm)	1960,00
CONCRETAGEM	1048,00
TOTAL DE H.h REALIZADO	5794,00

Fonte: Autoria própria, 2023

Na sequência se apresentam junto aos valores realizados pela empresa as quantidades de dimensionamento realizadas teóricas por composições dos índices obtidos na SINAPI (2021) e no SICRO (2021). As composições selecionadas da literatura foram escolhidas com base na maior proximidade com o serviço executado, conforme exposto nas figuras 5 e 6.

Tabela 15 - Valores realizados e obtidos via literatura

SERVIÇO	REALIZADO DE H.h (H.h)	PREVISTO - SINAPI (H.h)	PREVISTO - SICRO (H.h)
FORMAS METÁLICAS	2786,00	-	229,09
ARMAÇÃO DE AÇO (6,3 - 12,5 mm)	1960,00	1388,69	2873,16
CONCRETAGEM	1048,00	194,66	68,89
TOTAL DE H.h REALIZADO	5794,00	1583,35	3171,14

Fonte: Autoria própria, 2023

6.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados numéricos obtidos e apresentados na sequência foram coletados por meio da aplicação da fórmula de erro percentual. A variação de erro percentual é uma medida que nos permite quantificar a mudança percentual entre dois valores, sendo estes os previstos e realizados, fornecendo uma medida relativa da magnitude da mudança. O cálculo do erro percentual é realizado pela subtração do valor teórico do valor experimental, dividido pelo valor teórico e multiplicado por 100. Essa abordagem nos permite expressar a variação em termos percentuais, e é uma ferramenta valiosa para analisar e comunicar mudanças percentuais de forma clara e concisa.

$$Er\% = \left| \frac{VT - VE}{VT} \right| \times 100$$

Equação 02

Onde:

- ER% - Erro percentual;
- VT – Valor Teórico;
- VE – Valor Experimental;

A utilização dessa fórmula permitiu comparar os valores obtidos experimentalmente com os valores teóricos esperados, expressando a diferença entre eles como uma porcentagem. Essa abordagem nos proporcionou uma medida quantitativa do desvio entre os resultados esperados e os resultados obtidos, fornecendo uma avaliação precisa da precisão dos dados experimentais.

6.2.1 ETEI Caieiras

Os resultados alcançados em campo para a razão unitária de produção no serviço de corte, dobra e montagem de aço para a obra ETEI Caieiras revelou um erro percentual de 62% abaixo do dimensionado, demonstrando uma produtividade para o serviço em questão realizado pela construtora. Ao comparar os valores obtidos para o serviço de formas, uma improdutividade similar foi encontrada, com um erro percentual de 419,76% superior ao dimensionado, representando uma grande falha para o dimensionamento em questão. Para a realização do dimensionamento do serviço de concretagem foi verificada um dimensionamento com falha similar, sendo encontrado no serviço realizado um erro percentual de 420,81% vezes acima que o previsto.

Por outro lado, ao analisar os valores de RUP Cumulativos da estrutura, considerando a soma de todos os dimensionamentos unitários, ou seja, os valores de H.h de cada serviço individual somado para a execução completa da estrutura encontramos que a quantia de Homens Hora executada é apenas 1,03 vezes maior que o previsto total, representando uma assertividade de dimensionamento impressionante de 97%.

Constatou-se também que ao comparar os índices próprios da empresa e da literatura da SICRO apresentam uma diferença ainda maior, sendo de 680% para serviços de formas, 56% menor para serviços de armação e 22 vezes para concretagem. Para RUP Cumulativa o total realizado foi de 1,58 vezes maior que pelos índices da literatura, utilizando-se das composições da SICRO.

6.2.2 ETEI GUAPIPAPÉIS

Os resultados alcançados em campo para a razão unitária de produção no serviço de corte, dobra e montagem de aço para a obra ETEI Guapipapéis revelou um erro percentual no dimensionamento de 37,14% abaixo do índice de referência de dimensionamento para o serviço em questão utilizado pela construtora, indicando uma produtividade grande para o serviço. Ao comparar os valores obtidos para o serviço de formas, um erro percentual no dimensionamento foi encontrado com um valor de 242,37% acima do previsto, representando uma grande falha para o dimensionamento em questão. Para a realização do dimensionamento do serviço de concretagem foi verificada um dimensionamento com também com falhas percentuais, sendo o realizado 16,45% vezes maior que o previsto.

Por outro lado, ao analisar os valores de RUP Cumulativos da estrutura, considerando a soma de todos os dimensionamentos unitários, ou seja, os valores de H.h de cada serviço individual somado para a execução completa da estrutura encontramos que a quantia de Homens Hora executada foi menor que a prevista, sendo equivalente a 84% do dimensionado.

Constatou-se também que ao comparar os índices próprios da empresa e da literatura da SICRO apresentam uma diferença ainda maior, sendo de 447% para serviços de formas, 6% menor para serviços de armação e 354% vezes para concretagem. Para RUP Cumulativa o total realizado foi de 1,29 vezes maior que pelos índices da literatura, utilizando-se das composições da SICRO.

6.2.3 ETEI Jaepel

Os resultados alcançados em campo para a razão unitária de produção no serviço de corte, dobra e montagem de aço para a obra ETEI Jaepel revelou um erro percentual de 54,52% ao índice de referência de dimensionamento para o serviço em questão utilizado pela construtora, representando uma produtividade para a realização do serviço.. Ao comparar os valores obtidos para o serviço de formas, o erro percentual expõe uma improdutividade no serviço, com o realizado representando 829,47% o valor dimensionamento.. Durante a análise do processo executivo para os serviços de formas, foi constatado que os funcionários, além de executarem a

montagem, também eram responsáveis por montar e desmontar andaimes internos e externos a estrutura durante o serviço, o que resultava em uma redução da produtividade. Para a realização do dimensionamento do serviço de concretagem foi verificada um dimensionamento com falha similar, sendo o realizado 258,78% o previsto.

Analisando os valores de RUP Cumulativos da estrutura, considerando a soma de todos os dimensionamentos unitários, ou seja, os valores de H.h de cada serviço individual somado para a execução completa da estrutura encontramos que a quantia de Homens Hora executada é 1,18 vezes maior que o previsto total, representando uma assertividade de dimensionamento de 84%. Justifica-se a baixa produtividade global por a execução da estrutura ter se passado durante o período de chuvas da região, sendo que chuvas fortes que inibiam o trabalho ocorreram em 32% dos dias.

Constatou-se também que ao comparar os índices próprios da empresa e da literatura da SICRO apresentam uma diferença ainda maior, sendo de 12 vezes maior para serviços de formas, 68% maior para serviços de armação e 15 vezes para concretagem. Para RUP Cumulativa o total realizado foi de 1,82 vezes maior que pelos índices da literatura, utilizando-se das composições da SICRO.

7 CONCLUSÃO

Como evidenciado, a construtora possui seus próprios índices de consumo de produtividade, os quais diferem dos índices encontrados na literatura, porém refletem com assertividade o realizado em obra quando considerados valores de RUP Cumulativa. A partir dos resultados obtidos para a razão unitária de produção em alguns serviços mensurados no canteiro de obras, foi possível constatar que a produtividade da obra em determinados serviços, como serviços de formas, estava aquém do esperado.

A principal razão que pode ser concluída via as análises realizadas é que há falhas no registro das informações por serviços unitários, uma vez que quando observada a RUP Cumulativa da estrutura como um todo, a divergência dos valores previstos e realizados é muito menor que quando comparado com RUP's unitárias. Isso se deve a falta de registro durante o dia de trabalho, sendo que os registros foram feitos baseados na atividade principal que o trabalhador executou durante o dia, porém, caso ocorra de executar outras atividades não previstas, esse tempo não é descontado e é contabilizado junto ao serviço, somando uma carga horária que não foi efetivamente realizada para aquela atividade.

O segundo motivo para divergência dos valores de dimensionamento de mão de obra previsto e realizado está no errôneo dimensionamento dos serviços de montagens de formas, sendo que nas três obras estudadas, o realizado diferiu em pelo menos em 3 vezes do dimensionado, sendo um ponto crítico para reanálise dos indicadores utilizados. Por outro lado, valores de RUP de serviços de armação foram mais produtivos que os planejados.

Uma sugestão para trabalhos futuros seria realizar a análise dos principais serviços com um detalhamento maior, marcando todas as atividades desenvolvidas por cada trabalhador, a fim de calcular as RUPs diárias individuais dos funcionários, ao invés de valores calculados por equipes, e compará-las com os valores já adotados pela construtora. Isso proporcionaria uma avaliação mais precisa e permitiria ajustes adequados para otimizar a produtividade.

Concluindo, é nota-se a importância de medir a produtividade da mão de obra para desenvolver estratégias de melhoria, caso necessário, a fim de garantir o

cumprimento tanto do cronograma físico quanto do cronograma físico-financeiro. Isso se deve ao fato de que qualquer aumento no prazo de execução afeta diretamente os custos diretos e indiretos da obra. Portanto, é fundamental monitorar e aprimorar a produtividade da equipe de trabalho para evitar atrasos e impactos financeiros negativos.

REFERÊNCIAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR ISO 21500: Orientações sobre gerenciamento de projeto**. 2012. 43 p. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=92033>>. Acesso em: junho de 2022.

ALVEZ-MAZOTTI, A. J. **Usos e abusos dos estudos de caso**. Programa de Pós-Graduação em educação, Universidade Estácio de Sá. Rio de Janeiro, 2006.

ALVES, Gabriel da Silva; ARAÚJO, Nelma Mirian Chagas de. **Composições de custos unitários: TCPO X apropriação in locu**. João Pessoa, 2010.

ALVES, T. C. L., MOTA, P. M. **Implementação do Pensamento Enxuto Através do Projeto do Sistema de Produção: Estudo de Caso na Construção Civil**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2008.

ARAÚJO, L. O. C. de; FREIRE, T. M.; **Tecnologia e Gestão de Sistemas Construtivos de Edifícios**. Curso de Especialização, Programa de Pós-Graduação Lato Sensu da Universidade de São Carlos, 2004.

ARAÚJO, L. O. C. de. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão de obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ASSAHI, P. N.; Sistema de Fôrmas: Necessidades Técnicas e de Sustentabilidade. In: **CONCRETE SHOW**, 11º Seminário Tecnológico de Estrutura, São Paulo, 2009. Disponível em: http://www.sindusconsp.com.br/downloads/eventos/2009/11sem_estruturas/paulo_a_ssahi.pdf

BARROS, M. M. S. B. de., MELHADO, S. B.. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. Projeto EPUSP/SENAI. São Paulo, 1998.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI** - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, 2023. Disponível em: < <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx> >

CALÇADA, Paulo de Azevedo Branco. **Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade**. 201. 90 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

CAMP, R. C.: **Benchmarking: O caminho da Qualidade Total – Identificando, analisando e adaptando as melhores práticas da administração que levam à maximização da performance empresarial**. 3ª ed. São Paulo: ABDR, 2002.

CASARIN, André Nascimento. **Análise de incentivo a produtividade quanto ao tempo de produção de uma obra no município de Campo Mourão - Paraná.** 2013. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

COSTA, D. B. **Diretrizes para concepção, implantação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas de construção civil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COSTA et al. **Manual Sistema de Indicadores de Produtividade e Perdas.** Comunidade da Construção. Salvador, 2011.

CORSINI, Rodnei. Paredes normatizadas. **Revista Técnica**, São Paulo, s. v.,n.183, 2011.D Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenhariacivil/183/artigo287955-1.aspx>.

DANTAS, José Diego Formiga. **Produtividade da mão de obra – Estudo de caso: métodos e empos na industria da construção civil no subsetor de edificações na cidade de João Pessoa –PB.** 68f. TCC (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

DNIT – Departamento nacional de infraestrutura de transportes – **Manual de Custos de Infraestrutura de Transporte, 1º edição – Volume 01: Metodologia e Conceitos**, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria Geral, Diretoria Executiva, Coordenação Geral de Custos de Infraestrutura de Transportes, Brasília, 2017a. <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro>

FUSCO, Pérciles Brasiliense. **Tecnologia do Concreto Estrutural: tópicos aplicados.** São Paulo: Pini, 2008. 184 p.

FRAZZÃO JUNIOR, Delbio. **Produtividade e qualidade na construção civil: estudo de caso em empreendimento em Santa Maria - RS.** 2017. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

FORIGO, Camila. **Análise da produtividade da mão de obra no serviço de revestimento interno com argamassa.** 2014. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; LANTELME, E. M. V.; SOIBELMAN, L.: **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**—Porto Alegre; UFRGS/NORIE, 1998.

GHALAYINI, A.M.; NOBLE, J.S.; CROWE, T.J. **An integrated dynamic performance measurement system for improving manufacturing competitiveness.** International Journal of Production Economics, Amsterdam, v. 48, n. 3, p. 207-225, Feb. 1997.

GEHLING, G. R.; **Tratamento de água e esgoto**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de pesquisas hidráulicas. Porto Alegre. 2017.

GODOY, Arilda Schmidt. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. RAE - Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

KAPLAN, R.S.; NORTON, D.P. **A estratégia em ação: balanced scorecard**. 10. ed. São Paulo: Campus, 1997.

LANTELME, E.M.V. **A utilização de indicadores na avaliação e melhoria do desempenho de processos da construção de edificações**: uma abordagem com base em princípios da aprendizagem organizacional. Porto Alegre: Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999 (Seminário de Doutorado).

LANTELME, E. M. V. **Proposta de um Sistema de Indicadores da Qualidade e Produtividade para a Construção Civil**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

LANTELME, E.M.V; TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C.T. **Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil**. Porto Alegre: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. (Relatório de Pesquisa).

LEOPOLDO, João Victor Charles. **Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade**. 2015. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

LIMA, Flávia Ester Costa; CARNEIRO, Lucélia Benevides; OLIVEIRA, Jarbas Jacome de. **Índice de produtividade na execução de alvenaria**: estudo de caso na edificação de um laboratório para UFERSA – Caraubas - RN. Vetor, Rio Grande, v. 25, n. 1, p. 76-94, 2015.

LOPES, B. C.; RODRIGUES, L.S.; SILVA, I. J.; PINTO, A. C. A; Efeito do tratamento preliminar-primário no desempenho de ETE de abatedouros. **III Simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustriais**. São Paulo. 2013.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à Administração**. 8. ed. rev. e ampl. - São Paulo: Atlas, 2011.

NAVARRO, G. P. **Proposta de sistema de indicadores de desempenho para a gestão da produção em empreendimentos de edificações residenciais**.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

NEELY, A. et al. **Performance Measurement System Design: Should process based approaches be adopted?** International Journal of Production Economics, Cambridge, p. 423-431, 1996.

NEELY, A. et al. Realizing strategy through measurement. **International Journal of Operation & Production Management**, Bradford, v. 15, n. 3, p. 140-152, 1994.

NEELY, A. **The performance measurement revolution: why now and what next?** International Journal of Operation & Production Management, Bradford, v. 20, n. 2, p. 205-228, 1999.

NÓBREGA, Gustavo Curi; ROMANO, Iury. **Implantação de indicadores de produtividade dos serviços de armação e forma para melhoria do planejamento e controle de obra.** 2010. 108 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

OLIVEIRA, K. A. Z.: **Desenvolvimento e Implementação de Indicadores no Processo de Planejamento e Controle da Produção:** Proposta baseada em estudo de caso. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

OLIVEIRA, M.; LANTELME, E.M.V.; FORMOSO, C.T. **Sistema de indicadores de qualidade e produtividade na construção civil:** manual de utilização. Porto Alegre: SEBRAE, 1995.

ORÇAFASCIO. **Software para engenharia.** Disponível em <<https://www.orcafascio.com/>>. Acesso em: maio 2023.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, P. B. **Metodología de la investigación.** México: McGraw-Hill, 1991.

SANTOS, D. de G., SAFFARO, F. A., BRESSIANI, L., HEINECK, L. F. M. **Índices de Produtividade:** Determinação de Intervalos a Partir de Dados Disponíveis na Literatura. III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, São Paulo. 2003.

SINK, D. S.; TUTTLE, T. C. – **Planejamento e medição para performance.** Rio de Janeiro Qualitymark, 1993.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como aumentar a eficiência da mão de obra:** manual de gestão da produtividade na construção civil. São Paulo: Pini, 2006. 100p.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil.** São Paulo: Pini, 1998. 8p.

QUESADO FILHO, Nelson de Oliveira. **Análise dos índices de produtividade praticados pelas empresas de construção civil na região metropolitana de Fortaleza.** 2009. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

QUINTANS, Themir Candeia. **Avaliação da produtividade da mão de obra na execução de alvenaria estrutural - um estudo de caso.** 2019. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

RECHULSKI, D. K.: **Sistema de Indicadores de Produtividade e Qualidade para uma Empresa de Distribuição de GLP.** Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

TCPO: **Tabela de Composição de Preços para Orçamentos.** 14. ed. São Paulo: Pini, 2012. 659 p.

TIRONI, L.F. et al. **Critérios para geração de indicadores de qualidade e produtividade no setor público.** Brasília: IPEA/MEFP, 1991. (Texto para discussão n. 238).

TRIVINOS, A. W. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais.** São Paulo: Atlas, 1987.

WAGGONER, D.B.; NEELY, A.D; KENNERLEY, M.P. **The forces that shape organizational performance measurement system: an interdisciplinary review.** International Journal Production Economics, Amsterdam, v. 60-61, p. 53-60, Apr. 1999.

YIN, R.K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. < <https://saudeglobaldotorg1.files.wordpress.com/2014/02/yin-metodologia-da-pesquisa-estudo-de-caso-yin.pdf>