

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**FELIPE EDUARDO MERETIKA**

**PLANO DE CORTE UNIDIMENSIONAL PARA BARRAS DE AÇO APLICADO EM  
UMA OBRA DO TIPO ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL  
- ETEI**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2021**

**FELIPE EDUARDO MERETIKA**

**PLANO DE CORTE UNIDIMENSIONAL PARA BARRAS DE AÇO APLICADO EM  
UMA OBRA DO TIPO ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL  
- ETEI**

**One-dimensional cutting plan for steel bars applied on a work type industrial  
effluent treatment station - IETS**

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: Prof. Dr. Cleovir Milani

**PATO BRANCO**

**2021**



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

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

**FELIPE EDUARDO MERETIKA**

**PLANO DE CORTE UNIDIMENSIONAL PARA BARRAS DE AÇO APLICADO EM  
UMA OBRA DO TIPO ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL  
- ETEI**

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: Prof. Dr. Cleovir Milani

Data de aprovação:24/novembro/2021

---

Cleovir José Milani  
Doutorado em Engenharia Civil  
Universidade Tecnológica Federal do paraná – Câmpus Pato Branco

---

José Miguel Etchalus  
Mestrado em Engenharia Civil  
Universidade Tecnológica Federal do paraná – Câmpus Pato Branco

---

Jairo Trombetta  
Mestrado em Engenharia Civil  
Universidade Tecnológica Federal do paraná – Câmpus Pato Branco

**PATO BRANCO**

**2021**

*Dedico este trabalho principalmente aos meus pais  
que me ofereceram todo o suporte necessário  
para que fosse possível concluir a graduação!*

*Não importa quanto a vida possa ser ruim, sempre  
existe algo que você pode fazer, e triunfar.*

*Enquanto há vida, há esperança.*

*(Stephen Hawking)*

## RESUMO

A construção civil é um dos principais setores da economia nacional, e conseqüentemente um dos setores mais competitivos, logo a fase de orçamentação, planejamento e gerenciamento de obras passa a ser determinante para a colocação das construtoras no mercado nacional. Apesar de ser um setor fundamental para a economia, o setor apresenta problemas na sua mão de obra, que muitas vezes é despreparada. A construção civil apresenta grandes índices de desperdício, e baixa produtividade, isso pode ser evitado com planejamento, otimização e gestão. Tendo como objetivo analisar através da implantação de um plano de corte das barras de aço, com a utilização do software de plano de corte unidimensional 1D-Nest, este trabalho comparou o desperdício de aço considerado no orçamento realizado por uma construtora da obra ETEI – Guapipapéis, com a perda de aço quando se utilizado o plano de corte para o mesmo projeto. Sendo assim, foi possível verificar uma redução no desperdício de aço quando se utilizado o plano de corte unidimensional.

Palavras-Chave: plano de corte; orçamento; desperdício; perda de material.

## **ABSTRACT**

Civil construction is one of the main sectors of the national economy, and consequently one of the most competitive sectors, so the budgeting, planning and construction management phase becomes decisive for the placement of construction companies in the national market. Despite being a fundamental sector for the economy, the sector presents problems in its workforce, which is often unprepared. Civil construction has high levels of waste, and low productivity, this can be avoided with planning, optimization and management. Aiming to analyze through the implementation of a steel bars cutting plan, using the 1D-Nest one-dimensional cutting plan software, this work compared the steel waste considered in the budget carried out by a construction company at IETP – Guapipapéis, with the loss of steel when using the cutting plane for the same project. Thus, it was possible to verify a reduction in steel waste when using the one-dimensional cutting plane.

Keywords: cutting plan; budget; waste; material loss.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 – Exemplo de serviços com custos .....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2 – Exemplo de composição de serviço de armação .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 3 – Exemplo de composição de serviço de armação .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 4 – Consumo de aço CA-50 para serviço de armação .....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 5 – Consumo de aço CA-25 para serviço de armação .....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 6 – Consumo de aço CA-60 para corte e dobra .....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 7 - Consumo de aço CA-50 10 mm para corte e dobra .....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 8 – Fluxograma da metodologia .....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 9 - Localização da ETEI – Guapipapéis no estado do Rio de Janeiro ....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 10 - Local de implantação da ETEI .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 11 - Recorte da planta de implantação da ETEI .....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 12 - Planta de armadura do tanque de aeração .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 13 - Lista de ferragem do tanque de aeração – Ampliado .....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 14 - Resumo do aço do tanque de aeração expressa em quilos .....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 15 - Custo Unitário e Custo Total Aço Utilizado em ETEI – Guapipapéis .....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 16 – Ícone software 1D-Nest.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 17 - Quantidades de barras de aço por bitola do Reator IC .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 18 - Resumo de aço para plano de corte .....</b>	<b>33</b>
<b>Figura 19 - Layout básico software 1D-Nest .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 20 - Custo por metro de aço para cada bitola .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 21 - Barras lançadas no software 1D-Nest .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 22 - Exemplo de plano de corte gerado para barra de 5 mm .....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 23 - Exemplo de plano de corte gerado para barra de 6,3 mm.....</b>	<b>35</b>
<b>Figura 24 - Exemplo de plano de corte gerado para barra de 8 mm .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 25 - Exemplo de plano de corte gerado para barra de 10 mm.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 26 - Exemplo de plano de corte gerado para barra de 12,5 mm.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 27 - Exemplo de plano de corte gerado para barra de 16 mm.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 28 - Resultado de plano de corte barras de 5 mm .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 29 - Resultado de plano de corte barras de 6,3 mm .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 30 - Resultado de plano de corte barras de 8 mm .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 31 - Resultado de plano de corte barras de 10 mm .....</b>	<b>38</b>



<b>Figura 32 - Resultado de plano de corte barras de 12,5 mm .....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 33 - Resultado de plano de corte barras de 16 mm .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 34 - Resultado do plano de corte .....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 35 - Perda de aço por bitola em quilogramas .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 36 - Gráfico de perda de aço por bitola .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 37 - Perda de aço por bitola em quilogramas .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 38 - Gráfico de perda de aço por bitola .....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 39 - Gráfico de perda de aço por bitola, plano de corte x orçamento x SINAPI.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 40 - Gráfico de perda de aço total .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 41– Perdas Percentuais .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 42- Gráfico custo do aço.....</b>	<b>43</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>12</b>
1.1.1	Objetivo Geral .....	12
1.1.2	Objetivos Específicos .....	12
<b>1.2</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Competitividade na construção civil</b> .....	<b>14</b>
2.1.1	Assertividade na orçamentação.....	14
2.1.2	Custos Diretos e Indiretos .....	15
2.1.3	Grau de Especialidade da Construtora .....	16
<b>2.2</b>	<b>Desperdício e perdas em obras</b> .....	<b>18</b>
2.2.1	Desperdício do Aço em Obras.....	20
<b>2.3</b>	<b>Corte unidimensional</b> .....	<b>22</b>
2.3.1	Problema do Corte Unidimensional .....	23
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Apresentação da ETEI – Guapipapéis</b> .....	<b>26</b>
4.1.1	Apresentação da ETEI quanto a sua localização.....	26
4.1.2	Estruturas presentes na ETEI Guapipapéis .....	27
<b>4.2</b>	<b>Análise de orçamento</b> .....	<b>28</b>
4.2.1	Processo de orçamentação .....	29
4.2.2	Quantidade de aço considerado em orçamento .....	29
<b>4.3</b>	<b>Plano de corte de barras de aço</b> .....	<b>32</b>
4.3.1	Utilização do Software 1D-Nest.....	32
<b>4.4</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>39</b>
4.4.1	Comparação resultados obtidos com orçamento .....	39
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>46</b>
	<b>ANEXO A</b> .....	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil se destaca pela sua característica cíclica, no qual as empresas do setor devem se adequar às características econômicas, políticas e ambientais em que estão inseridas, muitas vezes essas características refletem um cenário de insegurança financeira para as empresas. Diante deste fato, a competitividade do setor requer que as empresas busquem inovações, e principalmente assertividade na hora de elaborar o planejamento e a orçamentação das obras.

Como a construção civil, tem uma produção artesanal e muitas vezes uma mão de obra desqualificada, existe uma grande probabilidade de ocorrer falhas nos processos construtivos. Muitas vezes essas falhas refletem no desperdício de material. Visando se manter competitivas no mercado, as empresas necessitam diminuir seus custos, e evitar desperdícios pode ser uma maneira assertiva de atingir esse objetivo.

Dentre os materiais desperdiçados na construção civil destaca-se o desperdício de aço durante o processo de corte e dobra, portanto, durante a orçamentação muitas vezes é considerado uma perda de 12% (GOLDMAN, 1997) no corte de barras de aço, e segundo Cintra e Wakabayshi (1998), dependendo da técnica de otimização é possível reduzir o desperdício para um valor próximo a 1%. Diante deste cenário, a otimização surge como uma opção viável para conter os desperdícios em canteiro durante a fase de corte de dobra de aço.

Este trabalho busca confirmar, se realmente é possível diminuir as perdas de aço utilizando plano de corte unidimensional através de software de otimização de corte de barras de aço, quando o mesmo é aplicado em um orçamento de uma Estação de Tratamento de Efluente Industrial – ETEI.

Para o desenvolvimento deste trabalho, primeiramente será feito uma introdução do tema, os objetivos e em sequência uma justificativa para finalizar o primeiro capítulo. No segundo capítulo terá a revisão bibliográfica contendo conceitos de otimização e suas influências. Posteriormente, a metodologia do estudo será apresentada como terceiro capítulo. O quarto capítulo conterá o estudo de caso, em que a obra será caracterizada, juntamente com seu projeto estrutural e o mesmo será

lançado no software de otimização 1D-Nest. Em seguida uma análise crítica dos resultados será apresentada, finalizando o trabalho com a conclusão.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Analisar a efetiva diminuição de perdas de aço a partir da implantação de plano de corte de barras de aço, com a utilização de software de otimização 1D-Nest.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Compreender o funcionamento do software de plano de corte unidimensional 1D-Nest;
- Executar um plano de corte com o software 1D-Nest em projeto de ETEI;
- Comparar as perdas de aço do projeto utilizando o plano de corte em relação as perdas de aço indicadas em publicações tradicionais.

## **1.2 Justificativa**

Na indústria da construção civil o desperdício de diversos materiais é um problema histórico. Muitas vezes esse desperdício é um fator determinante, que impacta diretamente o lucro das empresas e no custo da obra para o consumidor final. Entre os materiais desperdiçados na construção civil, o aço merece papel de destaque, visto seu alto custo na obra e sua porcentagem de perda estimada, que pode variar de 10% (SALIM NETO, 2009) até 12% (GOLDMAN, 1997).

O valor do aço é reflexo do valor do minério de ferro, pois o mesmo é sua matéria prima. O minério de ferro é negociado internacionalmente, e no período de março de 2020 à maio de 2021 o minério de ferro teve um crescimento no seu preço que chegou a 150% (TRADING VIEW, 2021). Neste mesmo período, dados da SINAPI mostram que as barras de aço de diferentes bitolas tiveram um aumento médio de

125% no seu valor. Portanto, é importante minimizar as perdas de aço na construção civil.

Motivado por um cenário onde é necessário reduzir os desperdícios e principalmente os custos da obra. Este trabalho busca identificar, se com a aplicação de software de otimização de plano de corte é possível reduzir as perdas de aço. Para viabilizar essa execução será necessário a utilização de um projeto estrutural, onde a perda já é contabilizada via software estrutural. Em um segundo momento os dados desse projeto estrutural serão lançados no software de otimização 1D-Nest.

Para este trabalho o projeto estrutural a ser utilizado é uma estação de tratamento de efluente, visto que para esse tipo de obra, os maiores custos para a execução além da mão de obra, é o concreto e conseqüentemente o aço. Assim será possível identificar a efetividade do uso de software de otimização para plano de corte de aço.

## 2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

### 2.1 Competitividade na construção civil

O setor da construção civil é um dos setores mais importantes e competitivos da economia brasileira. Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), em 2018, o número de empresas ativas no mercado da construção civil era de 124,5 mil empresas, e a quantidade de empregos que o setor gerou foi de aproximadamente 1,9 milhões de pessoas empregadas.

Em geral existem ciclos de crescimento e ciclos recessão em termos de economia geral dentro de um país. A construção civil, segundo a CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção), é a locomotiva do crescimento, e em tempos de recessão, é esse setor que faz o crescimento voltar a acontecer.

No caso do setor de construção civil, especificamente, existem dois tipos de ciclos. Ciclos com ondas longas, ou seja, de longo prazo que são observadas em períodos de quinze a vinte e anos, esses ciclos estão associados a fatores populacionais (CAMPBELL, 1966), crescimento econômico e subsequente desenvolvimento urbano (GOTTLIEB, 1976). Já ciclos menores, os ciclos de curto prazo, são associados aos ciclos de especulação imobiliária e investimentos, ou seja, são ciclos de negócios. (BURNS e MITCHELL, 1946).

Em um cenário de crescimento de 4% no ano de 2021 como mostra à CBIC, é fundamental que as empresas de construção civil se posicionem no mercado, buscando inovação e assertividade para conseguirem crescer junto com o ciclo atual.

#### 2.1.1 Assertividade na orçamentação

O processo de orçamentação é um processo vital em qualquer empreiteira para que a empresa consiga se manter competitiva e principalmente segura sobre suas atividades. O mesmo deve ser muito bem definido e detalhado, para que seja possível ter um bom acompanhamento pelos responsáveis das obras.

Durante o processo de orçamentação é necessário ter um bom planejamento do projeto que será executado, tendo em vista que o controle de custo está relacionado com o planejamento e a execução da obra.

Além de um bom planejamento a fase pré-orçamento se mostra cada vez mais importante. Dentro das atividades necessárias para se iniciar um bom orçamento estão:

- Visita técnica no local da obra;
- Estudo de projetos;
- Entender o escopo;
- Logística;
- Identificar Fornecedores.

Com isso é possível, analisar a viabilidade do empreendimento, identificar se é necessário investimentos extras, identificar os riscos na construção e quais são os fatores de interferências externas e internas da obra. (CARDOSO, 2020).

Segundo Cardoso (2020), O orçamento é a fonte de referência para o planejamento e a elaboração do cronograma físico-financeiro da obra.

Durante o orçamento, é realizada as negociações com fornecedores, são planejadas as medições da obra e as datas em que serão faturadas. Logo, a planilha do orçamento se torna o principal documento no qual o gestor de obras não pode se afastar porque muitas vezes faz parte integrante do contrato de obra. (CARDOSO, 2020).

### 2.1.2 Custos Diretos e Indiretos

Durante a elaboração do orçamento as empreiteiras precisam entender e identificar seus custos diretos e indiretos para manter o controle de custos durante a execução da obra.

Os custos diretos de construção, são os custos que estão diretamente envolvidos na produção da obra, que são os materiais, o salário dos trabalhadores, ou seja, a mão de obra, as máquinas e os equipamentos necessários para execução, além do custo de implantação do canteiro de obras, que serve como apoio para tal. (TISAKA, 2006).

O custo indireto, são os custos representados por itens presentes em uma obra onde os mesmos não são mensuráveis em unidades de medição de serviço, como por exemplo aluguel de automóveis para locomoção de equipe de trabalho,

energia, água, custos de escritório, ou seja, geralmente são os custos de administração de canteiro. (DIAS, 2004).

O custo indireto custa certa de 30% do custo total da construção, ele oscila em função de aspectos de localização geográfica variando aspectos logísticos para fretes de materiais, tamanho da equipe administrativa da empreiteira, prazo de obra e de acordo com o grau de complexidade. (MATTOS, 2006).

Para Cardoso (2020), o entendimento dos conceitos referentes aos custos diretos e indiretos são a base para a elaboração correta do orçamento, podendo assim chegar à exatidão.

### 2.1.3 Grau de Especialidade da Construtora

Em atividades de orçamentação na construção civil, é muito comum adotar índices de referências tabelados a nível nacional ou estadual. Essas tabelas ajudam a demonstrar os custos e os índices de produtividade dos serviços executados. Existem diversas referências, como por exemplo:

- SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices. (Figura 1)
- SICRO – Sistema de Custos Referenciais de Obras. (Figura 2)
- TCPO – Tabela de Composições e Preços para Orçamentos. (Figura 3)

**Figura 1 – Exemplo de serviços com custos**

SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL 1 39 de 675

PCI.617.01 - CUSTO DE COMPOSIÇÕES - SINTÉTICO DATA DE EMISSÃO: 15/10/2021 23:54:10

ENCARGOS SOCIAIS DESONERADOS: 85,67% (HORA) 48,46% (MÊS) DATA REFERÊNCIA TÉCNICA: 15/10/2021

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	ORIGEM DE PREÇO	CUSTO TOTAL
VÍNCULO.....: CAIXA REFERENCIAL				
90662	BOMBA DE PROJEÇÃO DE CONCRETO SECO, POTÊNCIA 10 CV, VAZÃO 6 M3/H - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	CR	14,29
90668	PROJETOR PNEUMÁTICO DE ARGAMASSA PARA CHAPISCO E REBOCO COM RECIPIENTE ACOPLADO, TIPO CANEQUINHA, COM COMPRESSOR DE AR REBOCÁVEL VAZÃO 89 PC M E MOTOR DIESEL DE 20 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	AS	23,46
90674	PERFURATRIZ COM TORRE METÁLICA PARA EXECUÇÃO DE ESTACA HÉLICE CONTÍNUA, PROFUNDIDADE MÁXIMA DE 30 M, DIÂMETRO MÁXIMO DE 800 MM, POTÊNCIA INSTALADA DE 268 HP, MESA ROTATIVA COM TORQUE MÁXIMO DE 170 KNM - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	CR	609,97
90680	PERFURATRIZ HIDRÁULICA SOBRE CAMINHÃO COM TRADO CURTO ACOPLADO, PROFUNDIDADE MÁXIMA DE 20 M, DIÂMETRO MÁXIMO DE 1500 MM, POTÊNCIA INSTALADA DE 137 HP, MESA ROTATIVA COM TORQUE MÁXIMO DE 30 KNM - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	AS	341,67
90686	MANIPULADOR TELESCÓPICO, POTÊNCIA DE 85 HP, CAPACIDADE DE CARGA DE 3.5 00 KG, ALTURA MÁXIMA DE ELEVAÇÃO DE 12,3 M - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	AS	130,60
90692	MINICARREGADEIRA SOBRE RODAS, POTÊNCIA LÍQUIDA DE 47 HP, CAPACIDADE NO MINAL DE OPERAÇÃO DE 646 KG - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	AS	97,60
90964	COMPRESSOR DE AR REBOCÁVEL, VAZÃO 89 PCM, PRESSÃO EFETIVA DE TRABALHO 102 PSI, MOTOR DIESEL, POTÊNCIA 20 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	AS	22,17
90972	COMPRESSOR DE AR REBOCÁVEL, VAZÃO 250 PCM, PRESSÃO DE TRABALHO 102 PSI, MOTOR A DIESEL POTÊNCIA 81 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	AS	56,22
90979	COMPRESSOR DE AR REBOCÁVEL, VAZÃO 748 PCM, PRESSÃO EFETIVA DE TRABALHO 102 PSI, MOTOR DIESEL, POTÊNCIA 210 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	AS	145,27
90991	ESCAVADORA HIDRÁULICA SOBRE ESTEIRAS, CACAMBA 0,80 M3, PESO OPERACIONAL AL 17,8 T, POTÊNCIA LÍQUIDA 110 HP - CHP DIURNO. AF_10/2014	CHP	CR	172,92
90999	COMPRESSOR DE AR REBOCÁVEL, VAZÃO 400 PCM, PRESSÃO DE TRABALHO 102 PSI, MOTOR A DIESEL POTÊNCIA 110 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	AS	74,46

**Fonte: SINAPI – Caixa (2021)**




Figura 2 – Exemplo de composição de serviço de armação

CGCIT		DNIT					
SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO		São Paulo		Produção da equipe 1,00000 kg			
Custo Unitário de Referência		Abril/2021		Valores em reais (R\$)			
0407818 Armação em aço CA-25 - fornecimento, preparo e colocação							
<b>A - EQUIPAMENTOS</b>		Quantidade	Utilização		Custo Horário	Custo Horário Total	
			Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo	
		Custo horário total de equipamentos					
<b>B - MÃO DE OBRA</b>		Quantidade	Unidade	Custo Horário		Custo Horário Total	
P9801	Ajudante	0,08000	h	21,8999		1,7520	
P9805	Armador	0,08000	h	26,5346		2,1228	
		Custo horário total de mão de obra				3,8748	
		Custo horário total de execução				3,8748	
		Custo unitário de execução				3,8748	
		Custo do FIC				-	
		Custo do FIT				-	
<b>C - MATERIAL</b>		Quantidade	Unidade	Preço Unitário		Custo Unitário	
M0003	Aço CA 25	1,10000	kg	5,6017		6,1619	
M0075	Arame liso recozido em aço-carbono - D = 1,24 mm (18 BWG)	0,01500	kg	6,1168		0,0918	
		Custo unitário total de material				6,2537	
<b>D - ATIVIDADES AUXILIARES</b>		Quantidade	Unidade	Custo Unitário		Custo Unitário	
		Custo total de atividades auxiliares					
		Subtotal				10,1285	
<b>E - TEMPO FIXO</b>		Código	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Custo Unitário	
M0003	Aço CA 25 - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00110	t	26,5200	0,0292	
M0075	Arame liso recozido em aço-carbono - D = 1,24 mm (18 BWG) - Caminhão carroceria 15 t	5914655	0,00002	t	26,5200	0,0005	
		Custo unitário total de tempo fixo				0,0297	
<b>F - MOMENTO DE TRANSPORTE</b>		Quantidade	Unidade	DMT			Custo Unitário
				LN	RP	P	
M0003	Aço CA 25 - Caminhão carroceria 15 t	0,00110	tkm	5914449	5914464	5914479	
M0075	Arame liso recozido em aço-carbono - D = 1,24 mm (18 BWG) - Caminhão carroceria 15 t	0,00002	tkm	5914449	5914464	5914479	
		Custo unitário total de transporte					
		Custo unitário direto total				10,16	

Fonte: SICRO – DNIT (2021)

Figura 3 – Exemplo de composição de serviço de armação



Soluções Técnicas      Utilitários / Suporte

Região de Preços: SP - São Paulo      Busca por Código ou Descrição

Serviços    Composição    Memorial Descritivo

**04.001.000001.SER - Armadura de aço CA-25 para estruturas de concreto armado, Ø até 12,5 mm, Unidade: kg corte, dobra e montagem**

Quantidade:     LS:  %    BDI:  %         Permitir editar Preços

Clique sobre o item para visualizar sua descrição completa.

Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit(R\$)	Total (R\$)	Consumo
01.001.000002.MOD	Ajudante de armador	h	MOD	0,14	4,85	0,68	0,14
01.011.000001.MOD	Armador	h	MOD	0,08	5,90	0,47	0,08
06.003.000010.MAT	Espaçador plástico para armadura de peças de concreto c...	un	MAT	11,4	0,09	1,03	11,4
07.007.000007.MAT	Aço CA-25 Ø 12,5 mm, em barra, massa nominal 0,963 kg/m	kg	MAT	1,1	3,84	4,23	1,1
07.009.000007.MAT	Arame recozido 18 BWG, Ø 1,25 mm, 0,010 kg/m	kg	MAT	0,025	6,37	0,16	0,025
36.004.000009.EQH	Dobradora para ferro, elétrica, 5 HP 3,7 kW, capacidade d...	h prod	EQH	0,06	14,53	0,87	0,06

Ajustar Colunas      M.O : 1,44      Total s/ Taxa (Unit.) : 7,44

Para verificar o detalhe de uma Composição clique sobre um item da coluna "Código" que possua o sufixo ".SER", ".EQH" ou ".EQI" .      Outros : 6,00      Valor LS : 0,00

     Valor BDI : 0,00      Valor Total c/ Taxa : 7,44

Fonte: TCPO 14 (2021)

Embora essas ferramentas ajudem a guiar um orçamento, é importante entender que os valores indicados são valores médios para os serviços descritos. Com isso é válido ressaltar que caso as construtoras utilizem tais composições, é necessário alterar os custos e os índices de acordo com a realidade da empresa.

Para que isso seja possível, é necessário que a empresa entenda do seu próprio negócio – A experiência e o *expertise* da empresa fazem parte do processo de planejamento e custos de uma obra. Nenhuma obra é igual, porém se a construtora se especializa em uma área de atuação, ou seja, ela adquire um *core business*, muitas etapas e procedimentos existentes nos projetos passam a ser rotineiros e se tornam processos, que podem assim garantir maior precisão e segurança na etapa de orçamentação.

A qualificação e rotatividade da mão-de-obra são fatores que influenciam significativamente na gestão dos processos, pois estes quando bem controlados estão diretamente ligados ao ganho em produtividade (MARDER, 2004).

Logo, o ideal é que a empreiteira que trabalhe com o mesmo tipo de obra tenha o seu próprio acervo com os índices de produtividade e os consumos de materiais para os serviços executados. Assim é possível manter uma boa assertividade no dimensionamento das equipes de trabalho e no quantitativo de materiais utilizados em obra. Com isso é possível melhorar o planejamento e gerenciamento das obras e conseqüentemente diminuir os desperdícios.

## **2.2 Desperdício e perdas em obras**

A construção civil é conhecida no mercado por ser ineficiente no seu meio de produção, além de possuir altos índices de desperdício e utilização de mão-de-obra desqualificada e pouco treinada. Portanto, a indústria de construção civil em geral, vêm, nos últimos anos, dedicando esforços cada vez maiores para reduzir o desperdício dos materiais aplicados em suas obras, entre outras formas de desperdícios. (BEUREN e DECHAMPS, 2009).

Para Mattos (2010), o planejamento falho dos gestores na construção civil, ou até mesmo a falta de planejamento é a principal causa de existir elevadas perdas,

baixa produtividade e conseqüentemente uma péssima qualidade de seus produtos no setor.

As perdas quando se denominada na construção civil, faz referência, à parcela inevitável e outra é economicamente viável de ser evitada, sendo assim, a fração que é evitável das perdas, recebe o nome de desperdício. (SOILBELMAN, 1993).

Um dos grandes desafios da indústria de construção civil é elaborar estimativas fiéis sobre os índices de desperdícios, com isso existe muita variação sendo difícil chegar em um denominador comum. Sendo assim se torna muito trabalhoso determinar um valor que represente as perdas na construção civil. (BEUREN e DECHAMPS, 2009).

Para Picchi (1993), um dos principais motivos dessa dificuldade, é a unidade em que os insumos são medidos, pois as perdas são medidas em unidades diferentes, podendo ser medido em: volume, área, massa ou em custo. Além disso, o mau gerenciamento dos materiais, a falta de planejamento da necessidade desses materiais em obra, pode causar elevado índice de desperdício, e também possivelmente reduzir a produtividade da mão-de-obra. (SOIBELMAN, 1993).

Sobre o planejamento da necessidade de materiais em obras:

O ritmo de entrega dos materiais deve ser compatível com a programação da obra, com a sua capacidade de armazenamento, com a capacidade de entrega do fornecedor e com o fluxo de caixa da empresa. Sendo assim, o gerenciamento dos materiais está intimamente relacionado ao cronograma de materiais preparado para a sua compra. Deve também estar relacionado ao projeto do layout da obra e ao sistema de controle de perdas de materiais. (BOGADO, 1998).

Para Bogado (1998), as possíveis perdas de materiais têm origem em fases distintas do processo do empreendimento da construção tais como: no projeto, nos materiais e na execução da obra.

É visto que, as perdas causadas pelos desperdícios de materiais podem resultar em: redução dos lucros para as empresas, aumento de custos para o cliente e conseqüentemente para o consumidor final. Logo, essas perdas resultam na redução da qualidade e desempenho. (SOIBELMAN, 1993).

Existe uma frase muito utilizada entre o meio de planejamento de obras e gestão de recursos na construção civil: “De cada 4 edifícios construídos, mais um poderia ser feito”. Esta frase não está somente relaciona com os desperdícios de

materiais, mas também com desperdício de recursos humanos, visto que o custo de produção pode variar de 30% a 40%. (SILVA, 1986).

Logo, se gasta muito tempo da mão-de-obra com serviços como: Montagem de formas, assentamento de alvenaria, elaboração de argamassas e com o corte e dobra de armaduras. Este que tem elevados índices de perda.

### 2.2.1 Desperdício do Aço em Obras

O consumo de aço na construção civil é abundante, no ano de 2014, o consumo brasileiro de aço carbono foi de 10 milhões de toneladas. Desses 10 milhões de toneladas cerca de 36,7% foram destinados ao setor (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2014).

O aço é um dos materiais de grande volume utilizados na construção civil, e para muitas empreiteiras o aço é o material de custo mais elevado dentro de duas obras CARLOTT (2012).

Para Silva (2011) o processo de armação de ferragens é responsável por prover a estruturação de armaduras em projetos de concreto armado, este serviço divide-se em três principais etapas: corte, dobra e armação da estrutura.

As barras são compradas geralmente com 12 metros de comprimento, porém a sua execução depende do projeto estrutural. Como a execução depende das especificações do projeto estrutural, acontece que as barras são dispostas em diferentes comprimentos nas estruturas.

Então para o desperdício no aço Fonseca et al (2011) aponta que o principal problema está relacionado à produção de armaduras no processo especificamente de corte das barras uma vez que o desperdício é acentuado devido à falta de precisão e controle durante o serviço.

Para a SICRO e TCPO (Figura 4 e Figura 5), o consumo de aço na composição do serviço de armação é considerada como 1,10, ou seja, existe um consumo de 10% a mais da massa de aço no corte e dobra de 1 quilograma de aço. Já para a SINAPI o consumo de aço CA-50 para o serviço de armação pode chegar a 11%, conforme mostra a Figura 7. Isso mostra, que existe uma perda de aço para o desenvolvimento do serviço de corte e dobra em obras de concreto armado.

Como essas perdas são usualmente utilizadas por essas ferramentas que auxiliam no processo de orçamentação, é muito comum que as construtoras

considerem estes valores ou valores próximos no momento de planejamento e orçamentação de suas obras.

Figura 4 – Consumo de aço CA-50 para serviço de armação

CGCIT		SISTEMA DE CUSTOS REFERENCIAIS DE OBRAS - SICRO				São Paulo		Produção da equipe 1,00000 kg		Valores em reais (R\$)	
		Custo Unitário de Referência				Abril/2021					
		0407819 Armação em aço CA-50 - fornecimento, preparo e colocação									
A - EQUIPAMENTOS		Quantidade	Utilização		Custo Horário		Custo Horário Total				
			Operativa	Improdutiva	Produtivo	Improdutivo					
		Custo horário total de equipamentos									
B - MÃO DE OBRA		Quantidade	Unidade		Custo Horário		Custo Horário Total				
P9801 Ajudante		0,09000	h		21,8999		1,9710				
P9805 Armador		0,09000	h		26,5346		2,3881				
		Custo horário total de mão de obra									4,3591
		Custo horário total de execução									4,3591
		Custo unitário de execução									4,3591
		Custo do FIC									-
		Custo do FIT									-
C - MATERIAL		Quantidade	Unidade		Preço Unitário		Custo Unitário				
M0004 Aço CA 50		1,10000	kg		4,9603		5,4563				
M0075 Arame liso recozido em aço-carbono - D = 1,24 mm (18 BWG)		0,01500	kg		6,1168		0,0918				
		Custo unitário total de material									5,5481
D - ATIVIDADES AUXILIARES		Quantidade	Unidade		Custo Unitário		Custo Unitário				

Fonte: SICRO (2021).

Figura 5 – Consumo de aço CA-25 para serviço de armação

TCPO 14							
Soluções Técnicas				Utilitários / Suporte			
Região de Preços		Busca por Código ou Descrição					
SP - São Paulo		[Campo de Busca]					
[Botão Buscar]							
Serviços   Composição   Memorial Descritivo							
04.001.000001.SER - Armadura de aço CA-25 para estruturas de concreto armado, Ø até 12,5 mm, Unidade: kg corte, dobra e montagem							
Quantidade: [1] LS: [0] % BDI: [0] % [Botão Calcular] [Permitir editar Preços]							
Clique sobre o item para visualizar sua descrição completa.							
Código	Descrição	Un.	Clas.	Coef.	Preço Unit.(R\$)	Total (R\$)	Consumo
01.001.000002.MOD	Ajudante de armador	h	MOD	0,14	4,85	0,68	0,14
01.011.000001.MOD	Armador	h	MOD	0,08	5,90	0,47	0,08
06.003.000010.MAT	Espaçador plástico para armadura de peças de concreto c...	un	MAT	11,4	0,09	1,03	11,4
07.007.000007.MAT	Aço CA-25 Ø 12,5 mm, em barra, massa nominal 0,963 kg/m	kg	MAT	1,1	3,84	4,23	1,1
07.009.000007.MAT	Arame recozido 18 BWG, Ø 1,25 mm, 0,010 kg/m	kg	MAT	0,025	6,37	0,16	0,025
36.004.000009.EQH	Dobradora para ferro, elétrica, 5 HP 3,7 kW, capacidade d...	h prod	EQH	0,06	14,53	0,87	0,06

Fonte: TCPO (2014).

Figura 6 – Consumo de aço CA-60 para corte e dobra

Composição SINAPI - 92791									
Código	92791								
Descrição	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-60, DIÂMETRO DE 5,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015								
Data	09/2021								
Estado	Paraná								
Tipo	FUES - FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS								
Unidade	KG								
Valor sem	13,64								
Valor com	13,40								
codigo	Descrição	Tipo	un	Valor sem Desoneração	Valor com Desoneração	Coef.	Valor sem Desoneração	Valor com Desoneração	
C 88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVICIO	H	20,79	18,75	0,0108	0,22	0,20	
C 88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVICIO	H	27,30	24,39	0,0769	2,09	1,87	
I 00043059	ACO CA-60, 4,2 MM, OU 5,0 MM, OU 6,0 MM, OU 7,0 MM, VERGALHAO	Material	KG	10,59	10,59	1,07	11,33	11,33	

Fonte: SINAPI (2021).

**Figura 7 - Consumo de aço CA-50 10 mm para corte e dobra**

Composição SINAPI - 92794									
Código	92794								
Descrição	CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 10,0 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES. AF_12/2015								
Data	09/2021								
Estado	Paraná								
Tipo	FUES - FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS								
Unidade	KG								
Valor sem	12,79								
Valor com	12,75								
codigo	Descrição	Tipo	un	Valor sem Desoneraçã	Valor com Desoneraçã	Coef.	Valor sem Desoneraçã	Valor com Desoneraçã	
C 88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	H	20,79	18,75	0,0018	0,03	0,03	
C 88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	H	27,30	24,39	0,0125	0,34	0,30	
I 00000034	ACO CA-50, 10,0 MM, VERGALHAO	Material	KG	11,19	11,19	1,11	12,42	12,42	

Fonte: SINAPI (2021).

### 2.3 Corte unidimensional

A SICRO utiliza em sua composição de armação de aço CA-50, um coeficiente de perda de 10%, na TCPO, o coeficiente de perda utilizado para aço também é de 10%. Já no SINAPI existe uma distinção entre os coeficientes de perda considerados. Para os diâmetros até 7 mm, o percentual de perda é de 7%, já para bitolas superiores, o coeficiente de perda considerado é de 11%.

Mesmo que em referências costumeiras para orçamentos tragam um percentual de desperdício elevado, é possível reduzir esta perda durante a execução de obras de concreto armado, e isso é possível principalmente quando se é aplicado técnicas de qualidade e otimização durante o planejamento, gerenciamento e orçamentação das obras.

O plano de corte para vergalhões é uma grande alternativa para redução do desperdício de aço em obras com estruturas de concreto armado. Com o plano de corte realizado, é possível reduzir esse desperdício para um valor próximo a 1% dependendo do projeto (CINTRA e WAKABAYASHI, 1998).

sobre o projeto de corte de barras de aço:

O projeto de corte de armaduras organiza o trabalho de corte, de forma a racionalizar o processo de execução, elevando a produtividade global, a partir da simplificação de métodos e técnicas requeridas. É na fase de projeto que o empreendedor tem maior capacidade de intervir sobre os custos totais do empreendimento, logo é nesta fase que deve iniciar a preocupação com o desperdício (MOCELLIN e ROMMINGER, 2001).

O custo unitário pode parecer baixo, em relação a outros custos em uma obra, porém esse custo anual para uma construtora pode se tornar significativo

SUMICHRAST (1986). Com base nisso, levando em consideração uma empresa do ramo, onde sua especialidade são obras de infraestrutura como estações de tratamento de efluentes, o custo com a perda do aço pode ser bem significativo levando em conta que em geral suas obras utilizam mais de 20 toneladas de aço.

### 2.3.1 Problema do Corte Unidimensional

Para que seja possível desenvolver um método de corte que diminua as perdas de aço, se faz o uso de ferramentas matemáticas que são baseadas em Programação Linear, ou seja o plano de corte é gerado através algoritmos de otimização. (MOCELLIN e ROMMINGER, 2001).

Quando a quantidade de barras de aço em uma obra for baixa, como por exemplo em alguma reforma doméstica, não há necessidade de utilizar um plano de corte de barras de aço, afinal, é mais fácil evitar desperdícios com pequenas quantidades.

O problema por trás do corte unidimensional de barra é conhecido como problema tradicional. De modo geral o problema é achar a melhor forma de cortar a barra para produzir as peças, de modo que, o valor da utilidade da barra seja máximo ou seja, que a perda de barras de aço seja mínima.

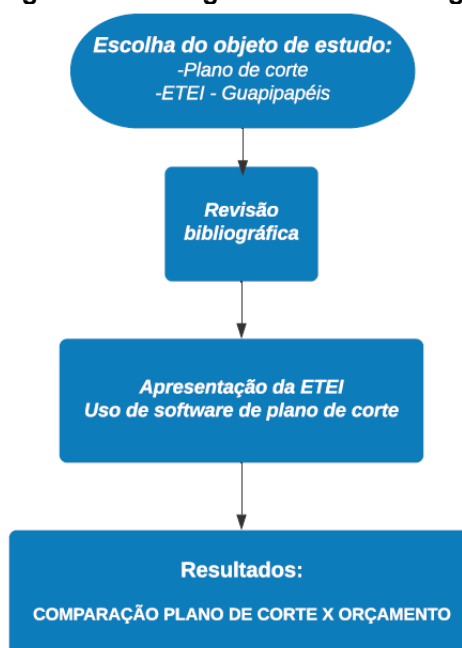
### 3 METODOLOGIA

Este trabalho tem como objetivo identificar se com utilização do software de otimização 1D-Nest, é possível diminuir os desperdícios de aço gerados no processo de corte e dobra, através de um plano de corte, em um projeto de uma Estação de Tratamento de Efluente Industrial – ETEI. Com isso o objetivo tem caráter de pesquisa exploratória uma vez que a mesma se baseia em pesquisa bibliográfica correlacionada com um estudo de caso (GIL, 2008).

Visto que o trabalho tende a avaliar resultados e eficiência do software de otimização e o quanto é possível reduzir desperdício no processo de corte e dobra do aço em uma Estação de Tratamento de Efluente Industrial, a classificação da pesquisa tende a ser quantitativa. Segundo Fonseca (2002), a pesquisa quantitativa se centra na objetividade.

Os procedimentos técnicos presentes neste trabalho são: (i) – Pesquisa bibliográfica, tendo em vista que o material é elaborado e constituído principalmente de livros e artigos científicos que podem ser encontrados facilmente em meios digitais. (GIL, 2008) e (ii) – Estudo de Caso, que consiste no estudo profundo e com poucos objetos, de maneira que permita um amplo e detalhado conhecimento e aplicação do estudo. (GIL, 2008).

**Figura 8 – Fluxograma da metodologia**



**Fonte: Autoria Própria (2021).**



Em um projeto de uma Estação de tratamento de efluentes industrial, é visto que o mesmo tem uma grande quantidade de aço em sua estrutura, logo o aço tem um impacto significativo no custo da obra. Portanto, o projeto estrutural da ETEI, será lançado no software 1D-Nest, para identificar se é possível diminuir o desperdício de aço no momento do corte e dobra, através de um plano de corte de aço.

A escolha e utilização do software de plano de corte 1D-Nest foi viável, pois o mesmo possui as ferramentas necessárias para elaboração da pesquisa, além do mesmo oferecer a possibilidade de utilização gratuita durante 30 dias de suas ferramentas. Porém, como é uma versão gratuita, a impressão dos planos de corte está desabilitada.

A escolha e a disponibilização dos projetos estruturais da ETEI – Guapipapéis utilizados neste trabalho, e os dados de orçamento, tiveram aprovação da empresa responsável pelo orçamento. Pois à mesma, levou em consideração a importância deste estudo e aceitou disponibiliza-los.

## 4 ESTUDO DE CASO

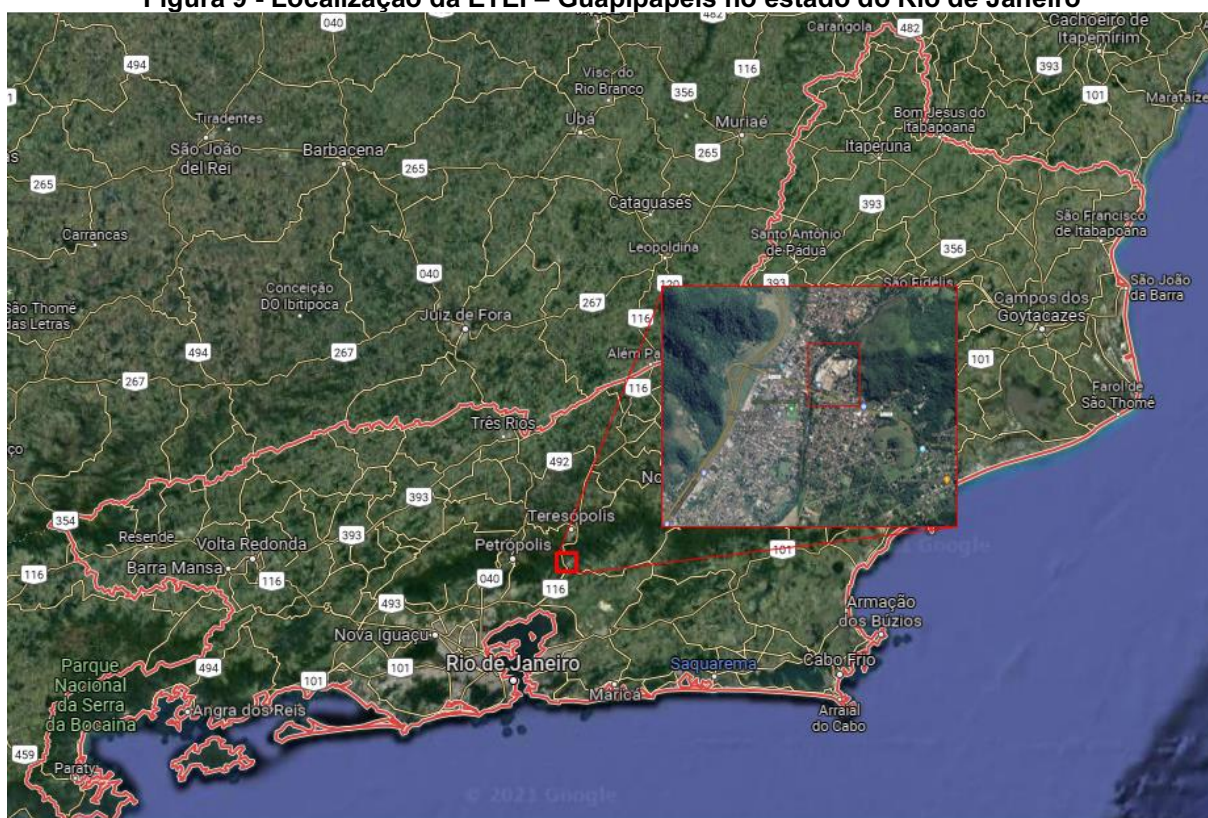
### 4.1 Apresentação da ETEI – Guapipapéis

Este item do estudo tem o objetivo de apresentar a Estação de Tratamento de Efluentes Industriais – ETEI Guapipapéis, que é a obra alvo deste estudo. Será apresentada sua localização, suas características técnicas e em seguida seu orçamento com foco no aço utilizado para esta obra, por assim então, ser possível fazer a análise quanto ao plano de corte das barras de aço utilizadas neste projeto.

#### 4.1.1 Apresentação da ETEI quanto a sua localização

A ETEI Guapipapéis está sendo implantada dentro da planta industrial da fábrica de papel Guapipapéis, localizada no município de Guapimirim na região serrana do estado do Rio de Janeiro. Na figura 9 pode ser observada a localização da ETEI Guapipapéis na cidade de Guapimirim no Rio de Janeiro.

**Figura 9 - Localização da ETEI – Guapipapéis no estado do Rio de Janeiro**



Fonte: Google Maps (2021).

Na figura 10, mostra a localização da implantação da ETEI, quanto a planta da fábrica da Guapipapéis.

**Figura 10 - Local de implantação da ETEI**



Fonte: Google Maps (2021).

#### 4.1.2 Estruturas presentes na ETEI Guapipapéis

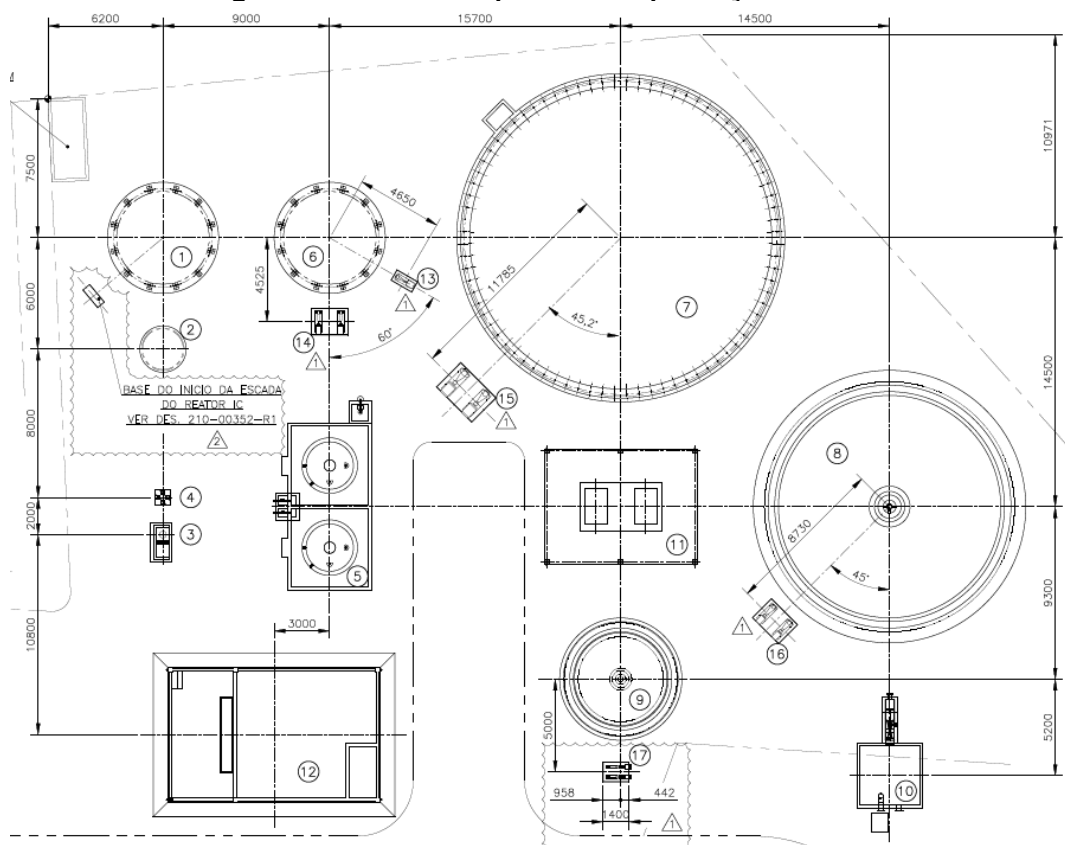
A planta é composta por estruturas típicas de uma estação e tratamento de esgoto, sendo elas em sua maioria em concreto armado, e estruturas de apoio e controle de operação.

Para as estruturas de concreto armado nos quais entram em contato com efluente, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014 Projeto de estruturas de concreto, são utilizados concretos com  $f_{ck} = 40$  MPa, devido à classe de agressividade IV.

As estruturas presentes na planta de implantação (Figura 11) desta Estação de tratamento de efluente são:

- Reator IC;
- Gasômetro;
- Casa de controle do Flare;
- Flare;
- Bacia de Contenção;
- Tanque de Condicionamento;
- Tanque de Aeração;
- Decantador Secundário;
- Adensador de Lodo;
- Calha Parshall;
- Elevatória;
- Casa de Sopradores;
- Laboratório e CCM;
- Bases para bombas

**Figura 11 - Recorte da planta de implantação da ETEI**



Fonte: Acervo empresa estudada (2021).

## 4.2 Análise de orçamento

Este tópico tem o objetivo de apresentar como funcionou o processo de orçamentação da ETEI – Guapipapéis, e como a empresa responsável considerou o aço no seu orçamento visto que o mesmo é o objeto de estudo principal deste trabalho.

#### 4.2.1 Processo de orçamentação

Para que a empreiteira seja contratada para executar uma obra, ela deve ser convidada para concorrência pelas empresas detentoras da tecnologia por trás de obras de estações de tratamento de efluente ou água.

Quando a empresa recebe o convite, o departamento comercial recebe todas as informações sobre a característica da obra, e seus projetos. Logo, a empresa estuda os projetos para que na sequência seja iniciado o processo de orçamentação.

Após o estudo, é realizado o quantitativo da obra, o próximo passo é encontrar parceiros chave para tal, normalmente são concreteiras, fornecedores de aço e empresas de fundações. Com os parceiros definidos e com o valor dos insumos e materiais identificados, é dado o início da orçamentação por preço global e escopo definido. A construtora não utiliza metodologia de preço unitário em seus orçamentos.

Quando o orçamento por preço global é finalizado, é enviado a proposta técnica-comercial para o cliente, para que assim se realize negociações referentes a contratação ou não da empreiteira.

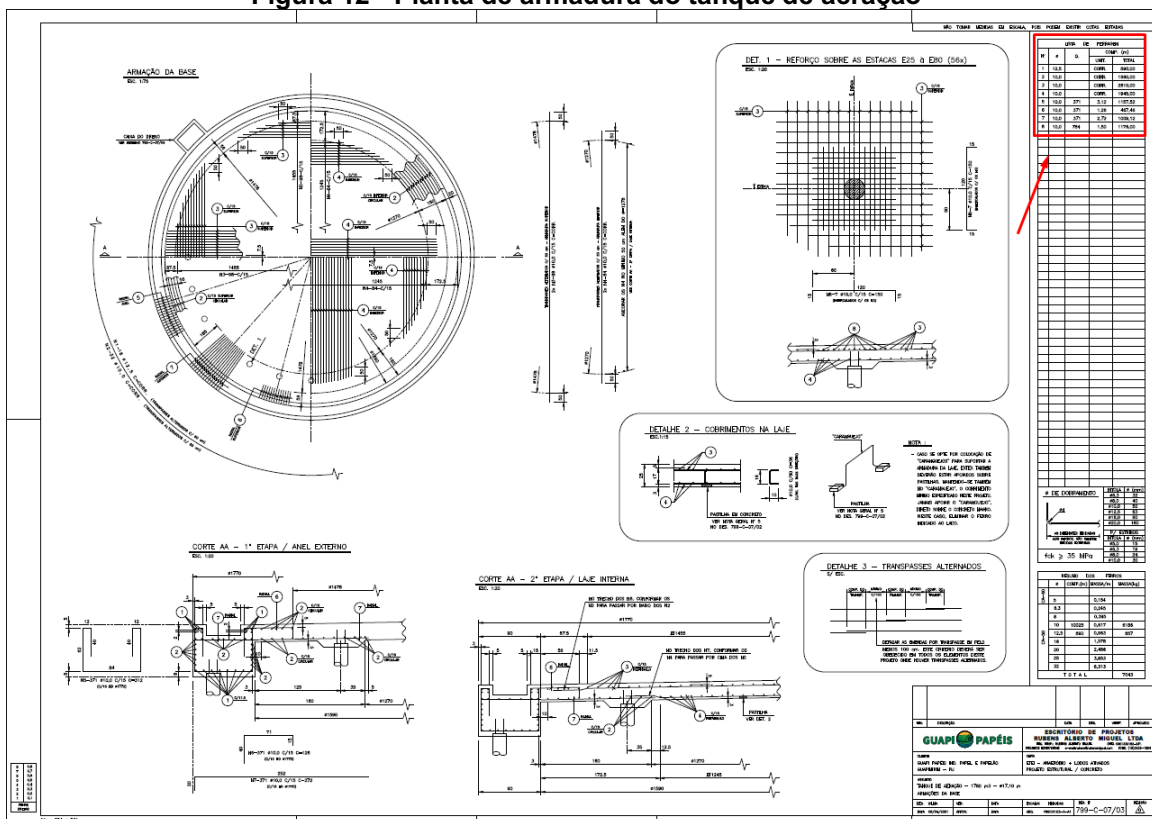
Muitas informações utilizadas pela empresa durante o orçamento são baseadas no seu acervo histórico, balizando-se por obra recentes executadas pela tal.

#### 4.2.2 Quantidade de aço considerado em orçamento

Todas as considerações de quantidades de materiais para uma obra em um processo de orçamentação, são verificadas através da leitura e entendimento do projeto disponibilizado pelo cliente. Logo, com o aço não é diferente.

Com isso o processo consiste na leitura dos projetos estruturais de armadura da obra em questão, onde é localizado, geralmente no canto superior direito, o resumo das quantidades de barras de aço que serão utilizadas na estrutura, e no canto inferior a quantidade de aço expressa em quilos. Como mostra nas figuras 12, 13 e 14.

Figura 12 - Planta de armadura do tanque de aerção



Fonte: Acervo da empresa (2021).

Figura 13 - Lista de ferragem do tanque de aerção – Ampliado

LISTA DE FERRAGEM				
N°	Ø	Q.	COMP. (m)	
			UNIT.	TOTAL
1	12,5		CORR.	890,00
2	10,0		CORR.	1660,00
3	10,0		CORR.	2610,00
4	10,0		CORR.	1945,00
5	10,0	371	3,12	1157,52
6	10,0	371	1,26	467,46
7	10,0	371	2,72	1009,12
8	10,0	784	1,50	1176,00

Fonte: Acervo da empresa adaptado (2021).

Figura 14 - Resumo do aço do tanque de aeração expressa em quilos

RESUMO DOS FERROS				
	∅	COMP.(m)	MASSA/m	MASSA(kg)
CA-60				
	5		0,154	
CA-50	6,3		0,245	
	8		0,395	
	10	10025	0,617	6186
	12,5	890	0,963	857
	16		1,578	
	20		2,466	
	25		3,853	
	32		6,313	
T O T A L				7043

Fonte: Acervo da empresa (2021).

Portanto, é quantificado o aço de cada estrutura de concreto armado da ETEI através do resumo dos ferros descritos em quilogramas. Em sequência as quantidades são lançadas na planilha orçamentária final. Durante o lançamento das quantidades de aço na planilha, a construtora define, com base nas suas próprias referências, um percentual de perda para o aço, sendo este definido em 10%.

Abaixo na figura 15, mostra as quantidades e considerações de perda para o aço na planilha orçamentaria final da construtora.

O custo considerado pela empresa, é com base em cotações recebidas e selecionadas pela empresa.

**Figura 15 - Custo Unitário e Custo Total Aço Utilizado em ETEI – Guapipapéis**

7007 - MATERIAIS	UNID.	QTD TOTAL	PERDAS (%)	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
<b>7057 - AÇO</b>					<b>R\$ 208.077,18</b>
5,0 mm	kg	55,00	10%	R\$ 10,31	R\$ 623,82
6,3 mm	kg	720,00	10%	R\$ 8,97	R\$ 7.101,86
8,0 mm	kg	4.200,00	10%	R\$ 8,97	R\$ 41.427,54
10,0 mm	kg	13.550,00	10%	R\$ 8,54	R\$ 127.236,53
12,5 mm	kg	2.100,00	10%	R\$ 8,14	R\$ 18.797,63
16,0 mm	kg	1.440,00	10%	R\$ 8,14	R\$ 12.889,80

Fonte: Acervo da empresa (2021).

Os custos de aço para este orçamento são referentes aos meses de junho e julho de 2021.

### 4.3 Plano de corte de barras de aço

Este tópico possui o objetivo de verificar se é possível diminuir as perdas de aço consideradas em orçamento, durante o processo de corte e dobra, para isto, será utilizando o software 1D-Nest para elaborar o plano de corte de barras de aço.

#### 4.3.1 Utilização do Software 1D-Nest

O software 1D-Nest visa resolver o problema de corte unitário através de seu algoritmo, buscando maximizar o desempenho durante o processo de corte de barras unidimensionais e assim reduzir as perdas de aço no processo.

**Figura 16 - Ícone software 1D-Nest**



Fonte: 1D-NEST (2021).

Foi utilizado o software de otimização de plano de corte de barras de aço com o lançamento das informações do projeto estrutural a fim de compreender seu funcionamento.



Para o lançamento das barras de aço presentes nos projetos estruturais foi planilhado no software *excel* todas as barras de aço presentes, a fim de facilitar a leitura e separar por estrutura de projeto e bitola de vergalhão. A baixo na figura 17, mostra como exemplo a planilha feita para facilitar o lançamento das informações no software 1D-Nest, o restante das planilhas estão presentes no **ANEXO A**.

Figura 17 - Quantidades de barras de aço por bitola do Reator IC

Estrutura: Reator IC				
N	Diamêtro (mm)	Quantidade Barras	Comprimento Corte (m)	Comprimento Total (m)
1	10	10	12,00	120,00
2	10	4	1,37	5,48
3	10	6	1,75	10,50
4	10	2	1,17	2,34
5	10	4	2,37	9,48
6	10	8	2,04	16,32
7	10	8	0,86	6,88
8	12,5	78	4,91	383,00
9	12,5	95	1,12	106,40
10	16	78	4,91	383,00
11	16	65	1,13	73,45

Fonte: Autoria Própria (2021).

Abaixo figura 18 com resumo de aço total para plano de corte:

Figura 18 - Resumo de aço para plano de corte

Aço total - ETEI Guapipapéis				
N	Diamêtro (mm)	Comp. Total (m)	Massa/m	Massa (kg)
1	5	353,90	0,15	54,50
2	6,3	2.927,53	0,25	717,24
3	8	10.594,55	0,40	4.184,85
4	10	21.914,93	0,62	13.521,51
5	12,5	2.166,45	0,96	2.086,29
6	16	912,88	1,58	1.440,52
<b>TOTAL</b>		<b>38.870,24</b>		<b>22.004,92</b>

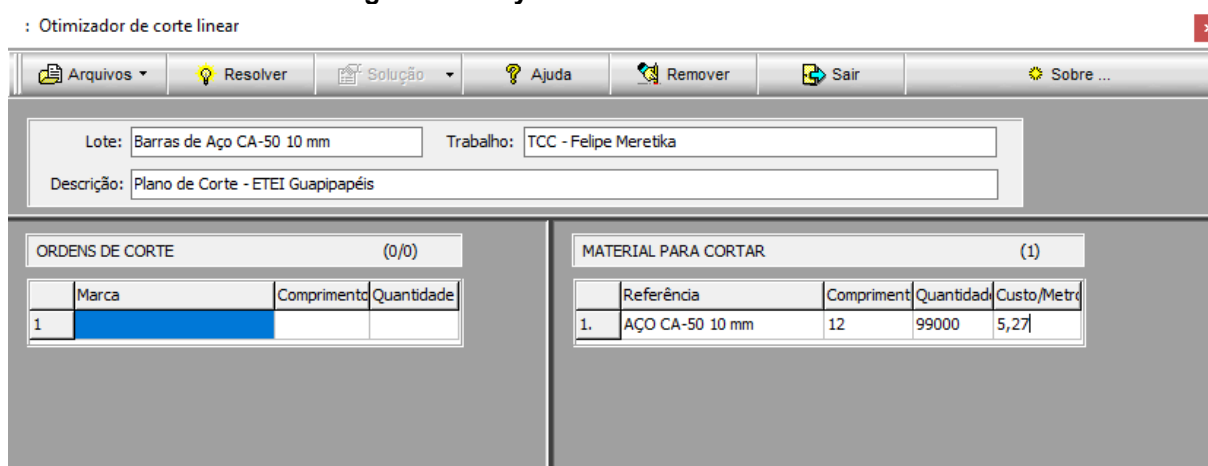
Fonte: Autoria Própria (2021).

Com as planilhas de *Excel* prontas para facilitar a leitura, e com o software 1D-Nest (figura 19), deu-se início ao processo de lançamento de barras de aço. O processo consiste em definir um material para cortar, que nesse caso é considerado

a barra de aço CA-50. Definir um comprimento para esta barra que será cortada, logo o padrão comercial do vergalhão de aço é 12,00 metros.

Outro passo importante é definir o custo por metro para a barra que será cortada. Logo, o custo por metro foi considerado conforme custo do orçamento da construtora (figura 20). Dá-se um nome para o Trabalho, que ficou definido com TCC – Felipe Meretika, é colocado o Lote: Barras de Aço CA-50 X mm, sendo X, o diâmetro da bitola que está sendo lançada no momento. Já a Descrição ficou como: Plano de Corte – ETEI Guapipapéis.

**Figura 19 - Layout básico software 1D-Nest**



Fonte: Autoria Própria (2021).

**Figura 20 - Custo por metro de aço para cada bitola**

Diamêtro (mm)	R\$/Kg	Kg/m	R\$/m
5	10,31	0,15	R\$ 1,59
6,3	8,97	0,25	R\$ 2,20
8	8,97	0,40	R\$ 3,54
10	8,54	0,62	R\$ 5,27
12,5	8,14	0,96	R\$ 7,84
16	8,14	1,58	R\$ 12,84

Fonte: Autoria Própria (2021).

Na sequência é lançado na aba Ordens de corte, todas as barras que para o primeiro caso eram as barras de 10 mm de diâmetro. Para identificação na Aba Marca foi colocado de que estrutura de concreto armado o item pertencia, seu comprimento e a quantidade de cada item. Como mostra na figura 21.

**Figura 21 - Barras lançadas no software 1D-Nest**

: Otimizador de corte linear

Arquivos Resolver Solução Ajuda Remover Sair Sobre ...

Lote: Barras de Aço CA-50 10 mm Trabalho: TCC - Felipe Meretika

Descrição: Plano de Corte - ETEI Guapipapéis

ORDENS DE CORTE ( 87/102 )			
	Marca	Comprimento	Quantidade
1.	ADENSADOR DE LODO	12	43
2.	DECANTADOR SEC.	12	183
3.	REATOR IC	12	10
4.	TQ. AERAÇÃO	12	517
5.	TQ. CONDICIONAMENTO	12	10
6.	B. CONT. QUÍMICOS	11,92	13
7.	CALHA PARSHALL	6	93
8.	DECANTADOR SEC.	5,62	68
9.	DECANTADOR SEC.	5,51	68
10.	DECANTADOR SEC.	5,03	68
11.	DECANTADOR SEC.	5,01	68
12.	ADENSADOR DE LODO	4,6	8
13.	TQ. AERAÇÃO	4,52	5
14.	DECANTADOR SEC.	4,5	6
15.	TQ. AERAÇÃO	4,12	1
16.	TQ. AERAÇÃO	4,04	1
17.	BASES DE BOMBAS	3,84	14
18.	CALHA PARSHALL	3,82	16
19.	B. CONT. QUÍMICOS	3,74	6
20.	DECANTADOR SEC.	3,65	37
21.	ADENSADOR DE LODO	3,63	126
22.	BASES DE BOMBAS	3,44	11
23.	DECANTADOR SEC.	3,4	136
24.	DECANTADOR SEC.	3,38	136
25.	BASES DE BOMBAS	3,14	11
26.	TQ. AERAÇÃO	3,13	6

MATERIAL PARA CORTAR (1)				
	Referência	Comprimento	Quantidade	Custo/Metro
1.	AÇO CA-50 10 mm	12	99000	5,27

Fonte: Autoria Própria (2021).

Após ter todas as barras de 10 mm, lançadas no software, basta clicar em resolver, que o software gerará o plano de corte para aquela bitola, mostrando a barra de 12 metros, com seus cortes definidos para atender cada item, separado por estrutura e com indicação de quantidade e comprimento, como exemplos abaixo.

Figura 22 - Exemplo de plano de corte gerado para barra de 5 mm



Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 23 - Exemplo de plano de corte gerado para barra de 6,3 mm

Cortar sobre Barras: AÇO CA-50 6,3 Comprimento: 12							
( B26 ) :		Quantidade: 1	Perda: 0,515				
B. CONT. QUÍMICOS	B. CONT. QUÍMICOS	B. CONT. QUÍMICOS	B. CONT. QUÍMICOS	B. CONT. QUÍMICOS	B. CONT. QUÍMICOS	B. CONT. QUÍMICOS	B. CONT. QUÍMICOS
2,19	2,19	2,19	2,19	2,19	1,05	1,05	0,59
<u>Ref peça</u>	<u>Quan.</u>	<u>Q.Tot.</u>	<u>Long.</u>	<u>Revisão</u>	<u>Comentários</u>		
B. CONT. QUÍMICOS	4	4	2,19	<input type="checkbox"/>			
B. CONT. QUÍMICOS	2	2	1,05	<input type="checkbox"/>			
B. CONT. QUÍMICOS	1	1	0,59	<input type="checkbox"/>			

Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 24 - Exemplo de plano de corte gerado para barra de 8 mm

Cut From Bars : AÇO CA-50 8MM Bar Length : 12					
BASES DE BOMBAS	3	42	1,9	<input type="checkbox"/>	
ADENSADOR DE LODO	1	14	1,43	<input type="checkbox"/>	
( B26 ) :		Bar Quantity : 47	Bar Waste : 0		
DECANTADOR SEC.	DECANTADOR SEC.	DECANTADOR SEC.	DECANTADOR SEC.	BASES DE BOMBAS	
2,71	2,71	2,71	2,71	1,16	
<u>Parts Id.</u>	<u>Qty</u>	<u>Qt. Tot.</u>	<u>Length</u>	<u>Cut box</u>	<u>Comments</u>
DECANTADOR SEC.	4	188	2,71	<input type="checkbox"/>	
BASES DE BOMBAS	1	47	1,16	<input type="checkbox"/>	

Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 25 - Exemplo de plano de corte gerado para barra de 10 mm

Cortar sobre Barras: AÇO CA-50 10mm Comprimento: 12							
TQ. AERAÇÃO	1	4	1,26	<input type="checkbox"/>			
BASES DE BOMBAS	1	4	1,2	<input type="checkbox"/>			
( B99 ) :		Quantidade: 4	Perda: 0				
BASES DE BOMBAS	TQ. AERAÇÃO	TQ. AERAÇÃO	TQ. AERAÇÃO	TQ. AERAÇÃO	TQ. AERAÇÃO	TQ. AERAÇÃO	ADENSADOR DE LODO
1,56	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
<u>Ref peça</u>	<u>Quan.</u>	<u>Q.Tot.</u>	<u>Long.</u>	<u>Revisão</u>	<u>Comentários</u>		
BASES DE BOMBAS	1	4	1,56	<input type="checkbox"/>			
TQ. AERAÇÃO	6	24	1,5	<input type="checkbox"/>			
ADENSADOR DE LODO	1	4	1,4	<input type="checkbox"/>			

Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 26 - Exemplo de plano de corte gerado para barra de 12,5 mm

Cut From Bars : AÇO CA-50 12,5mm Bar Length : 12					
( B14 ) :		Bar Quantity: 1	Bar Waste : 6,82		
ADENSADOR DE LODO	DECANTADOR SEC.	TQ. CONDICIONAMENTO	TQ. CONDICIONAMENTO		
1,89	1,25	1,12	1,12		
<u>Parte Id</u>	<u>Qty</u>	<u>Qt. Tot.</u>	<u>Length</u>	<u>Cut box</u>	<u>Comments</u>
ADENSADOR DE LODO	1	1	1,89	<input type="checkbox"/>	
DECANTADOR SEC.	1	1	1,25	<input type="checkbox"/>	
TQ. CONDICIONAMENTO	2	2	1,12	<input type="checkbox"/>	

Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 27 - Exemplo de plano de corte gerado para barra de 16 mm

Cut From Bars : AÇO CA-50 16MM    Bar Length : 12					
( B01 ) :		Bar Quantity : 39	Bar Waste : 1,05		
REATOR IC		REATOR IC	REATOR IC		
4,91		4,91	1,13		
Parts Id.	Qty	Qt. Tot.	Length	Cut box	Comments
REATOR IC	2	78	4,91	<input type="checkbox"/>	
REATOR IC	1	39	1,13	<input type="checkbox"/>	

Fonte: Autoria Própria (2021).

Além do plano de corte, o software gera o resultado da otimização mostrando assim o custo total para as barras de aço da bitola que foi gerado o plano de corte, o consumo total de barras de aço, e o mais importante, a porcentagem de perda para aquela bitola.

Na figura 28 mostra o resultado obtido para o plano de corte para as barras de 5 mm, tendo assim um consumo total de 360,00 m de aço, onde destes 360,00 m somente 6,10 m foram perdidos, gerando um resultado de 1,724% de perda. Além disso o custo total para barras de aço de 5 mm foi de R\$ 572,00 apresentando uma redução de custo em relação ao orçamento de R\$ 51,82.

Figura 28 - Resultado de plano de corte barras de 5 mm

Total Bars (AÇO CA-60 - 5mm L=12) : 30	
Materials Used: 353,9 Meter	Materials to Order: 360,0 Meter
Waste: 6,1 Meter<=>1,724%	Total Cost: R\$ 572

Fonte: Autoria Própria (2021).

Na figura 29 mostra o resultado obtido para o plano de corte para as barras de 6,3 mm, tendo um consumo total de 3.000,00 m de aço, onde destes 3.000,00 m, 72,50 m foram perdidos, gerando um resultado de 2,475% de perda. Além disso o custo total para barras de aço de 6,3 mm foi de R\$ 6.600,00 apresentando uma redução de custo em relação ao orçamento de R\$ 501,86.

Figura 29 - Resultado de plano de corte barras de 6,3 mm

Bares Total (AÇO CA-50 6,3 L=12) : 250	
Orden Neta: 2.927,5 Metro	Consumo Total: 3.000,0 Metro
Perda: 72,5 Metro<=>2,475%	Custo total: R\$ 6.600

Fonte: Autoria Própria (2021).

Na figura 30 mostra o resultado obtido para o plano de corte para as barras de 8 mm, tendo assim um consumo total de 10.512,00 m de aço, onde 7,70 m foram

perdidos, gerando um resultado de 0,074% de perda. Além disso o custo total para barras de aço de 8 mm foi de R\$ 37.212,00 apresentando uma redução de custo em relação ao orçamento de R\$ 4.215,54.

**Figura 30 - Resultado de plano de corte barras de 8 mm**

PLANO DE CORTE - ETEI GUAIPAPÉIS	
Out thickness: 0	Bar ends Trim: 0
Cut From Bars : AÇO CA-50 8mm Bar Length : 12	
Total Bars (AÇO CA-50 8mm L=12) : 876	
Materials Used: 10.504,3 Meter	Materials to Order: 10.512,0 Meter
Waste : 7,7 Meter<=>0,074%	Total Cost: R\$ 37.212

Fonte: Autoria Própria (2021).

Na figura 31 mostra o resultado obtido para o plano de corte para as barras de 10 mm, tendo assim um consumo total de 21.948,00 m de aço, onde 32,90 m foram perdidos, gerando um resultado de 0,15% de perda. Além disso o custo total para barras de aço de 10 mm foi de R\$115.666,00 apresentando uma redução de custo em relação ao orçamento de R\$ 11.570,70.

**Figura 31 - Resultado de plano de corte barras de 10 mm**

TCC - FELIPE MERETIKA		Reator IC Barras de 10 mm
PLANO DE CORTE		
Espeçura da sierra: 0,005	Excedente por barra: 0	
Cortar sobre Barras: AÇO CA-50 10mm Comprimento: 12		
Orden Neta: 21.915,1 Metro	Consumo Total: 21.948,0 Metro	
Perda: 32,9 Metro<=>0,150%	Custo total: R\$ 115.666	

Fonte: Autoria Própria (2021).

Na figura 32 mostra o resultado obtido para o plano de corte para as barras de 12,5 mm, tendo assim um consumo total de 2.184,00 m de aço, onde 17,60 m foram perdidos, gerando um resultado de 0,811% de perda. Além disso o custo total para barras de aço de 12,5 mm foi de R\$17.123,00 apresentando uma redução de custo em relação ao orçamento de R\$ 1.674,63.

**Figura 32 - Resultado de plano de corte barras de 12,5 mm**

Total Bars (AÇO CA-50 12,5mm L=12) : 182	
Materials Used: 2.166,4 Meter	Materials to Order: 2.184,0 Meter
Waste: 17,6 Meter<=>0,811%	Total Cost: R\$ 17.123

Fonte: Autoria Própria (2021).

Na figura 33 mostra o resultado obtido para o plano de corte para as barras de 16 mm, esta teve o pior desempenho entre todas as bitolas do projeto, tendo assim

um consumo total de 996,00 m de aço, onde 83,10 metros foram perdidos, gerando um resultado de 9,108% de perda. Além disso o custo total para barras de aço de 16 mm foi de R\$12.789,00 apresentando uma redução de custo em relação ao orçamento de R\$ 100,80.

**Figura 33 - Resultado de plano de corte barras de 16 mm**

Cut From Bars : AÇO CA-50 16mm	Bar Length: 12
Total Bars (AÇO CA-50 16mm L=12) : 83	
Materials Used: 912,9 Meter	Materials to Order: 996,0 Meter
Waste: 83,1 Meter => 9,108%	Total Cost: R\$ 12.789

Fonte: Autoria Própria (2021).

#### 4.4 Resultados

Neste tópico os resultados dos planos de corte gerados pelo software 1D-Nest foram analisados, sendo abordada a diminuição das perdas de aço nas estruturas de concreto armado da ETEI – Guapipapéis.

##### 4.4.1 Comparação resultados obtidos com orçamento

Os resultados obtidos através do plano de corte gerado no software 1D-Nest foram bem satisfatórios, visto que todas as bitolas tiveram sua porcentagem de perda diminuída, e em alguns casos a perda ficou abaixo de 1% como mostra a figura 34, com os resultados de todos os diâmetros.

**Figura 34 - Resultado do plano de corte**

Bitolas	Aço Necessário (m)	Aço Utilizado (m)	Perda (m)	Perda (%)	Custo Total Aço Necessário	Perda Orç. (kg)	Perda plano de corte (kg)
5 mm	360,00	353,90	6,10	1,724%	RS 572,00	5,50	0,94
6,3 mm	3.000,00	2.927,50	72,50	2,475%	RS 6.600,00	72,00	17,76
8 mm	10.512,00	10.504,30	7,70	0,074%	RS 37.212,00	420,00	3,04
10 mm	21.948,00	21.915,10	32,90	0,150%	RS 115.666,00	1.355,00	20,30
12,5 mm	2.184,00	2.166,44	17,60	0,811%	RS 17.123,00	210,00	16,95
16 mm	996,00	912,90	83,10	9,108%	RS 12.789,00	144,00	131,13

Fonte: Autoria Própria (2021).

O aço CA-50 de 16 mm, foi o que apresentou pior desempenho em relação aos outros diâmetros, isso ocorreu, pois para essa bitola o comprimento de cada item era maior do que a média dos outros diâmetros, se tornando mais difícil de encaixar as opções de corte em uma barra padrão de 12 metros. É notório que quanto maiores

as quantidades de aço e menores forem os comprimentos dos cortes, maior vai ser o desempenho no plano de corte.

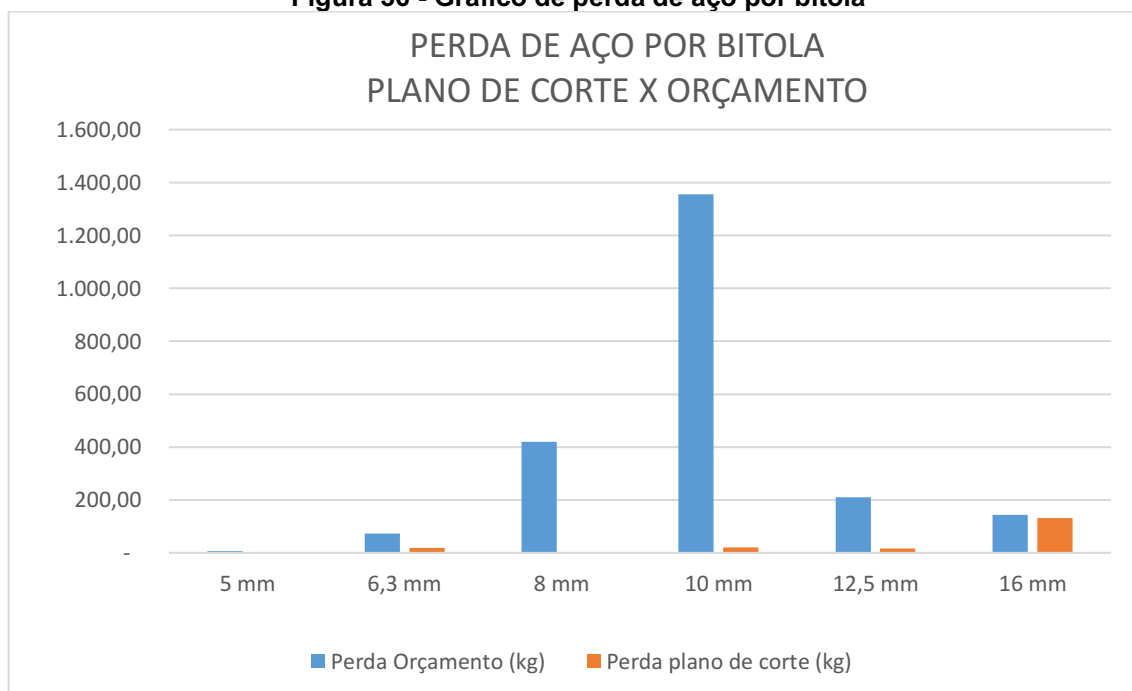
A perda de aço considerada no orçamento da ETEI – Guapipapéis foi de 10% em relação ao quilograma de aço, esse coeficiente de perda é o mesmo considerados pela TCPO e pela SICRO. Com isso, se comparado a perda por quilo de aço do plano de corte com a perda considerada em orçamento é visto uma diferença grande novamente. A perda de aço em kg com o plano de corte é de 190,12 kg, já a perda de aço em kg considerada em orçamento é de 2.206,50 kg, ou seja o percentual de perda de aço global para a obra com a utilização do plano de corte foi de 0,86%.

**Figura 35 - Perda de aço por bitola em quilogramas**

Bitolas	Perda Orçamento (kg)	Perda plano de corte (kg)
5 mm	5,50	0,94
6,3 mm	72,00	17,76
8 mm	420,00	3,04
10 mm	1.355,00	20,30
12,5 mm	210,00	16,95
16 mm	144,00	131,13
<b>TOTAL</b>	<b>2.206,50</b>	<b>190,12</b>

Fonte: Autoria Própria (2021).

**Figura 36 - Gráfico de perda de aço por bitola**



Fonte: Autoria Própria (2021)



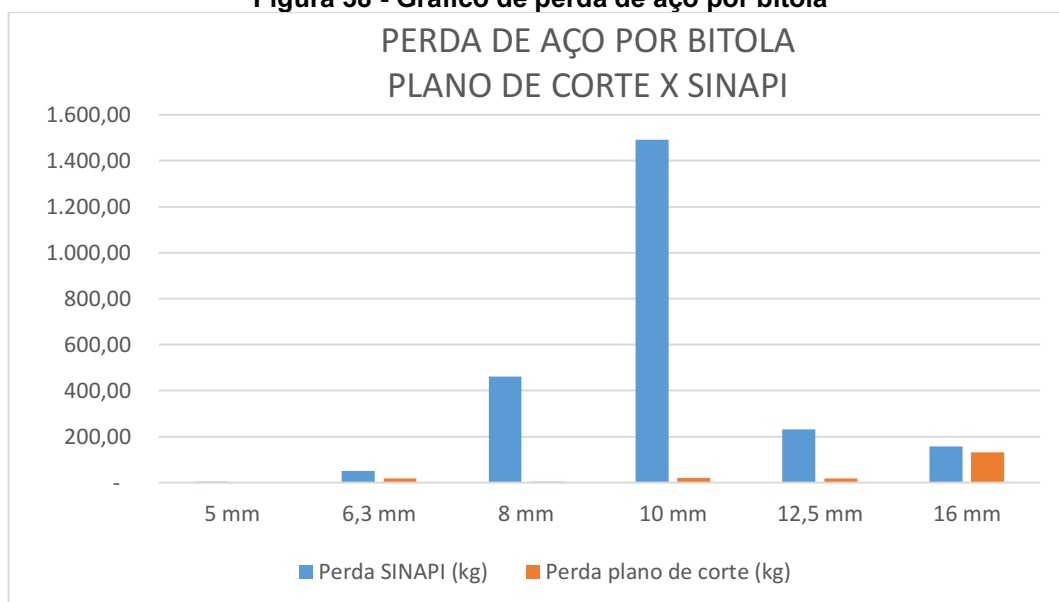
Se comparado as perdas de aço após uso de software de plano de corte com as perdas que seriam consideradas pelo SINAPI, a diferença seria maior ainda, tendo uma perda de 2.396,15 kg, contra 190,12 da perda após uso de plano de corte.

**Figura 37 - Perda de aço por bitola em quilogramas**

Bitolas	Perda SINAPI (kg)	Perda plano de corte (kg)
5 mm	3,85	0,94
6,3 mm	50,40	17,76
8 mm	462,00	3,04
10 mm	1.490,50	20,30
12,5 mm	231,00	16,95
16 mm	158,40	131,13
<b>TOTAL</b>	<b>2.396,15</b>	<b>190,12</b>

Fonte: Autoria Própria (2021)

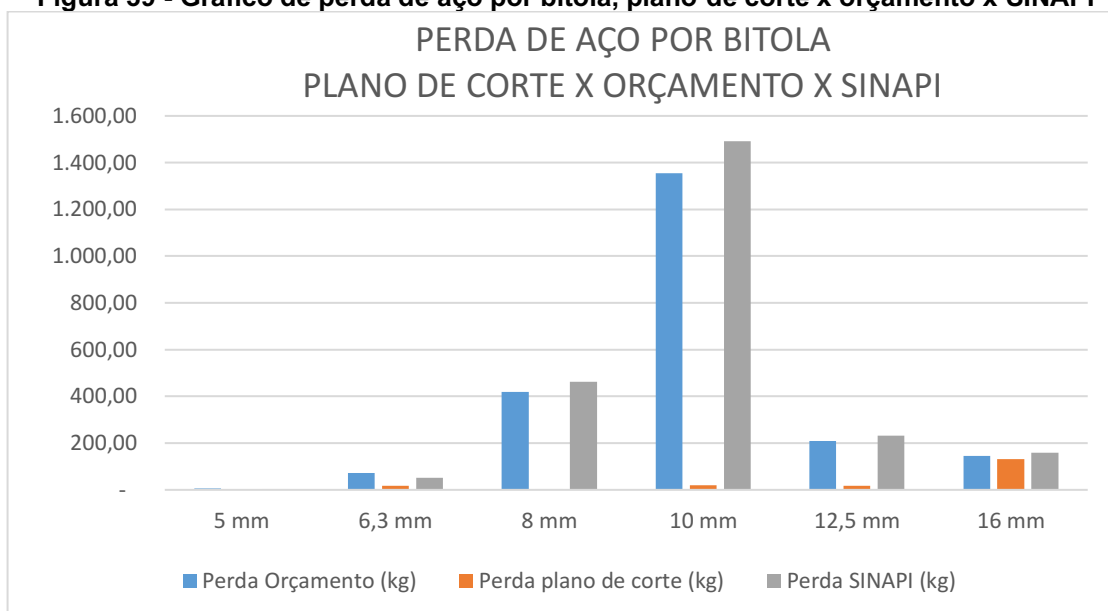
**Figura 38 - Gráfico de perda de aço por bitola**



Fonte: Autoria Própria (2021)

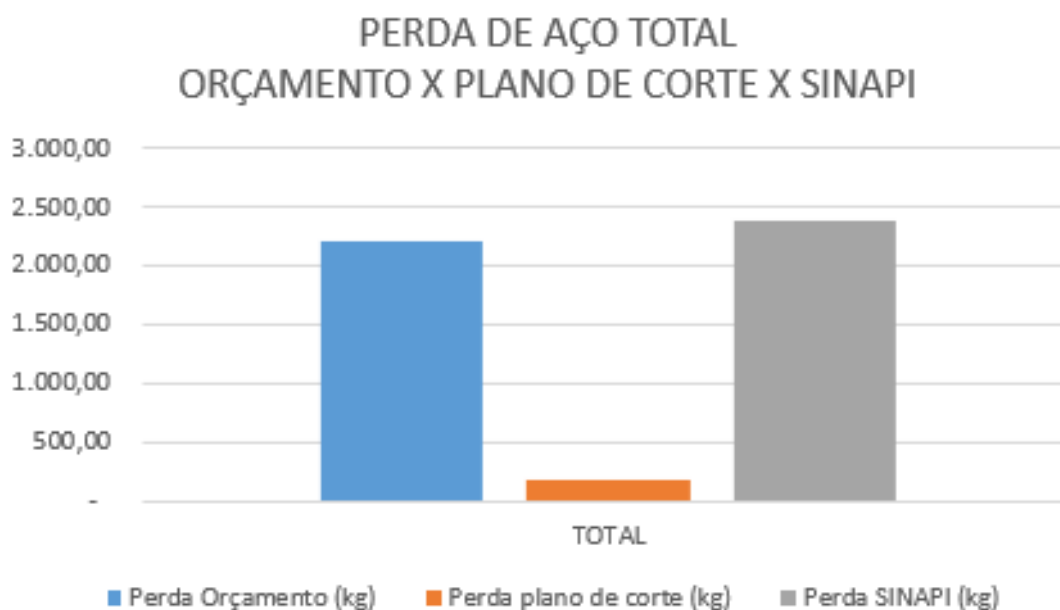
Quando comparado as perdas analisadas entre si, é possível identificar que se a consideração de perda fosse com base na SINAPI, a perda seria ainda maior.

**Figura 39 - Gráfico de perda de aço por bitola, plano de corte x orçamento x SINAPI**



Fonte: Autoria Própria (2021)

**Figura 40 - Gráfico de perda de aço total**



Fonte: Autoria Própria (2021)

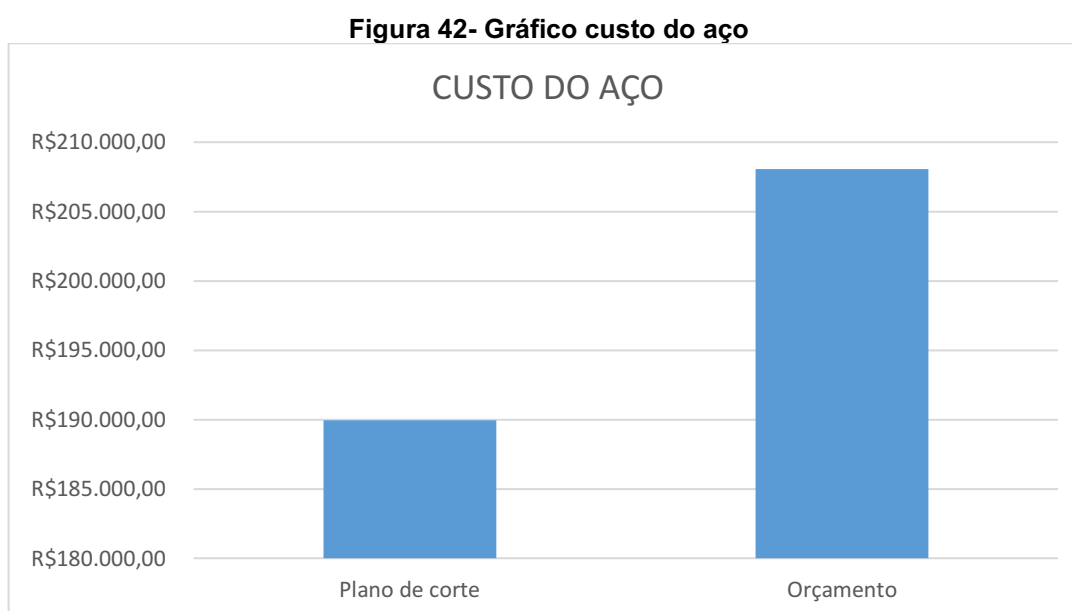
**Figura 41- Perdas Percentuais**

Bitolas	Perda Plano de corte	Perda Orçamento	Perda SICRO	Perda TCPO	Perda SINAPI
5 mm	1,724%	10,00%	10,00%	10,00%	7,00%
6,3 mm	2,475%	10,00%	10,00%	10,00%	7,00%
8 mm	0,074%	10,00%	10,00%	10,00%	7,00%
10 mm	0,150%	10,00%	10,00%	10,00%	11,00%
12,5 mm	0,811%	10,00%	10,00%	10,00%	11,00%
16 mm	9,108%	10,00%	10,00%	10,00%	11,00%

Fonte: Autoria Própria (2021)

Portanto é possível identificar que existe uma grande vantagem na utilização de plano de corte unidimensional, pois o mesmo gera redução de desperdícios em obra, que resulta em uma diminuição de custos, que pode fazer uma grande diferença no valor final de uma obra.

Em relação ao custo de aço considerado em orçamento da ETEI - Guapipapéis foi de R\$208.077,18, já com a utilização do software de plano de corte para barras de aço, o custo se tornaria R\$189.962,00, ou seja, uma diferença percentual de 8,71% em relação ao custo de aço.



**Fonte: Autoria Própria (2021)**

Outro ponto importante é que muitas vezes quando se utilizado o plano de corte, as barras excedentes, ou seja, as perdas, quando é possível são reaproveitadas em obras futuras, principalmente na utilização de transpasses e caranguejos.

Vale ressaltar que este trabalho estuda o percentual de perda considerando a compra de barras retas de aço. Existe a possibilidade de comprar aço já cortado e dobrado que teria um aumento no custo de aço, sendo possível reduzir as perdas além de que não seria necessário mão de obra para o serviço de corte e dobra, cabe um novo estudo para verificar qual é o melhor custo benefício entre utilizar um plano de corte ou comprar aço cortado e dobrado.

## CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a efetiva diminuição de perdas de aço a partir da utilização do software de otimização de cortes de barra de aço 1D-Nest em uma estação de tratamento de efluentes industrial.

Os estudos iniciais permitiram compreender e visualizar o quão competitivo e importante é o setor de construção civil no cenário nacional, além de entender que o planejamento de obras e a orçamentação são fatores chave para o sucesso de uma empresa de engenharia civil. Ainda nos estudos iniciais, foi possível compreender o quanto o setor sofre com desperdícios seja eles de materiais ou de produtividade de sua mão de obra. Logo, por meio dos estudos bibliográficos, foi possível assimilar que existe como diminuir esses desperdícios através de um bom planejamento e uma boa gestão.

Sendo assim, foi possível compreender o software 1D-NEST através da sua utilização, sendo possível fazer o lançamento de todas as peças de aço que eram necessárias para execução da obra ETEI – Guapipapéis. O software gerou um plano de corte unidimensional, que pode auxiliar a empresa no gerenciamento do processo de corte e dobra de aço, sendo possível diminuir seus custos.

Foi possível executar o plano de corte unidimensional, para todas as barras de aço com diferentes bitolas presentes nos projetos estruturais da ETEI. As perdas para cada bitola de barra de aço foram diferentes em virtude das peculiaridades de cada projeto. A perda total obtida através do plano de corte foi de 0,86% de aço, em massa.

Para escolha do objeto de estudo, levou-se em consideração que o autor tem participação direta no processo de orçamentação da empresa estudada, e o mesmo acredita que é necessário haver melhorias neste processo. Além de que a utilização de planos de corte unidimensional para realização dos orçamentos mostrou ser uma alternativa viável visto que, o orçamento elaborado tem base nos coeficientes de perda de publicações tradicionais nos quais apresentam uma perda em massa de 10%, enquanto que a perda apresentada pelo plano de corte foi de 0,86% para este projeto. Considerando o valor o aço por bitola e a quantidade de perdas foi possível chegar em uma economia de 8,71% de custo. Resultado que confirma a viabilidade da utilização de plano de corte unidimensional.

Através do trabalho desenvolvido e de todo conhecimento adquirido com o desenvolvimento desta pesquisa, espera-se contribuir com a procura por temas relacionados a assertividade na orçamentação e diminuição dos custos das construtoras.

## REFERÊNCIAS

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.
- BEUREN, I.M.; DESCHAMPS, M. **Desperdícios de materiais diretos na construção civil**. Rev. Ciênc. Admin., Fortaleza, p. 156-179, jan. 2009.
- BOGADO, **Aumento da Produtividade e Diminuição de Desperdícios na Construção Civil: Um Estudo De Caso – Paraguai**, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
- BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. **Sistema de Custos Rodoviários - SICRO**. Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro/sudeste/sao-paulo/2021/abril/abril-2021>>. Acesso em: 05 nov. 2021.
- BURNS, A. F.; MITCHELL, W. C. **Measuring Business Cycles**. National Bureau of Economic Research. New York, 1946.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: < [http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_655](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_655)>. Acesso em: 05 de novembro de 2021.
- CARLOTT, M. **Comparativo entre o método de corte e dobra de aço industrializado e em obra de um edifício**. Chapecó, junho, 2012. Disponível em: <<http://fleming.unochapeco.edu.br:8080/pergamumweb/vinculos/00008F/00008F38.PDF>>. Acesso dia 04 de novembro de 2021.
- CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Resultados do PIB Brasil e da construção no 1º trimestre surpreendem**. 2021. Disponível em: <https://cbic.org.br/resultados-do-pib-brasil-e-da-construcao-no-1o-trimestre-surpreendem/>. Acesso em 05 nov 2021.
- CINTRA, G.; WAKABAYASHI, Y. **Um algoritmo híbrido para o problema de corte unidimensional**. In: XXX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 30 p., 1998. Disponível em: <http://www.ime.usp.br/~glauber/publicações.htm>
- DIAS, P. R. V. **Engenharia de Custos: Estimativa de Custo de Obras e Serviços de Engenharia**. 1º Edição. Rio de Janeiro, 2004.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FONSECA J. B.; GONZAGA J. J.; BIAVA L. C.; BOURSCHID, A. J.; SILVA R. V. D.; MINICHELLO M. O.; **Perda de aço e concreto estudo de caso 2011**. Disponível em: <<https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/publicacoes/article/download/76/40>>. Acesso em: 10 de novembro de 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira**. 3.ed. São Paulo, Pini: 1997. 76 p.

GOTTLIEB, M. **Long swings in urban development, National Bureau of Economic Research**. New York, 1976.

MARDER, T. S.; FORMOSO C. T.; **I conferência latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído**. Disponível em: <[http://ip20017719.eng.ufff.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC\\_2004/trabalhos/PAP0444d.pdf](http://ip20017719.eng.ufff.br/Public/AnaisEventosCientificos/ENTAC_2004/trabalhos/PAP0444d.pdf)> Acesso dia 6 de novembro de 2021.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudo de caso, exemplos**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

PICCHI, F. A. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. 1993. 462 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

ROMMINGER, R.; MOCCELIN, J. **Projetos operacionais de corte de barras de aço para estruturas de concreto armado: uma proposta para a redução do desperdício na construção civil**. ENEGEP, São Carlos, 2001.

SALIM NETO, J. **Diretrizes de projeto para melhorar a produtividade na montagem de componentes pré-cortados e pré-dobrados de aço para estruturas de concreto armado de edifícios**. 2009. 236f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SILVA, M. A. C. **Identificação e análise dos fatores que afetam a produtividade sob a ótica dos custos de produção de empresas de Edificações**. 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 1986.

SILVA, M. C. **A importância e influência do uso de equipamento de proteção individual (EPI) na produtividade dos trabalhadores na armação de ferragens**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <[http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias\\_publicadas/k216021.pdf](http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/k216021.pdf)>. Acesso dia 05 de novembro de 2021.

SOILBEMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edifícios: sua incidência e controle**. 1993. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

SUMICHRAST, R. T. **A new cutting stock heuristic for scheduling production**. **Comput. & Ops. Research**. v.13, n.4, p. 403-410, 1986.

TCPO, **Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos**. 14. Ed. São Paulo: Pini, 20014.

TISAKA, M. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Editora Pini, 2006.



## ANEXO A

Estrutura:		Reator IC		
N	Diamêtro (mm)	Quantidade Barras	Comprimento Corte (m)	Comprimento Total (m)
1	10	10	12,00	120,00
2	10	4	1,37	5,48
3	10	6	1,75	10,50
4	10	2	1,17	2,34
5	10	4	2,37	9,48
6	10	8	2,04	16,32
7	10	8	0,86	6,88
8	12,5	78	4,91	383,00
9	12,5	95	1,12	106,40
10	16	78	4,91	383,00
11	16	65	1,13	73,45

Quantidades de barras de aço por bitola do Reator IC  
Fonte: Autoria Própria (2021)

Estrutura:		Gasômetro		
N	Diamêtro (mm)	Quantidade Barras	Comprimento Corte (m)	Comprimento Total (m)
1	8	3	10,67	32,00
2	10	24	0,78	18,72
3	10	32	2,50	80,00
4	10	32	2,81	90,00

Quantidades de barras de aço por bitola do Gasômetro  
Fonte: Autoria Própria (2021)

Estrutura:		FLARE		
N	Diamêtro (mm)	Quantidade Barras	Comprimento Corte (m)	Comprimento Total (m)
1	10	16	0,94	15,04
2	10	12	1,13	13,56
3	10	4	1,12	4,48
4	10	44	1,64	72,16

Quantidades de barras de aço por bitola do Flare  
Fonte: Autoria Própria (2021)

<b>Estrutura: Casa do Flare</b>				
<b>N</b>	<b>Diamêtro (mm)</b>	<b>Quantidade Barras</b>	<b>Comprimento Corte (m)</b>	<b>Comprimento Total (m)</b>
1	6,3	8	2,66	21,28
2	6,3	15	1,65	24,75
3	6,3	6	1,73	10,38
4	6,3	13	0,74	9,62
5	6,3	9	2,08	18,72
6	6,3	15	1,14	17,10

**Quantidades de barras de aço por bitola do Casa do Flare**

**Fonte: Autoria Própria (2021)**

<b>Estrutura: Tanque de Condicionamento</b>				
<b>N</b>	<b>Diamêtro (mm)</b>	<b>Quantidade Barras</b>	<b>Comprimento Corte (m)</b>	<b>Comprimento Total (m)</b>
1	10	10	12,00	120,00
2	12,5	78	4,91	382,98
4	12,5	95	1,12	106,40
3	16	78	4,91	382,98
5	16	65	1,13	73,45

**Quantidades de barras de aço por bitola do Tanque de Condicionamento**

**Fonte: Autoria Própria (2021)**

<b>Estrutura: Tanque de Aeração</b>				
<b>N</b>	<b>Diamêtro (mm)</b>	<b>Quantidade Barras</b>	<b>Comprimento Corte (m)</b>	<b>Comprimento Total (m)</b>
1	10	138	12,00	1.656,00
2	10	217	12,00	2.604,00
3	10	162	12,00	1.944,00
4	10	371	3,12	1.157,52
5	10	371	1,26	467,46
6	10	371	2,72	1.009,12
7	10	787	1,50	1.180,50
8	10	1	4,12	4,12
9	10	1	4,04	4,04
10	10	5	4,52	22,60
11	10	10	2,25	22,50
12	10	6	3,13	18,78
13	12,5	74	12,00	888,00

**Quantidades de barras de aço por bitola do Tanque de Aeração**

**Fonte: Autoria Própria (2021)**

Estrutura:	Bacia cont. Químicos			
N	Diamêtro (mm)	Quantidade Barras	Comprimento Corte (m)	Comprimento Total (m)
1	6,3	16	4,52	72,32
2	6,3	96	5,02	481,92
3	6,3	8	4,30	34,40
4	6,3	52	9,37	487,24
5	6,3	183	1,63	298,29
6	6,3	196	2,19	429,24
7	6,3	20	0,68	13,60
8	6,3	24	1,05	25,20
9	6,3	13	2,33	30,29
10	6,3	4	1,03	4,12
11	6,3	12	1,11	13,32
12	6,3	8	0,43	3,44
13	6,3	16	0,69	11,04
14	6,3	2	1,61	3,22
15	6,3	52	9,36	486,72
16	6,3	4	2,59	10,36
17	6,3	2	1,61	3,22
18	6,3	4	1,63	6,52
19	6,3	4	1,53	6,12
20	6,3	78	5,00	390,00
21	6,3	6	0,67	4,02
22	6,3	12	0,59	7,08
23	6,3	4	1,00	4,00
24	8	4	1,53	6,12
25	8	8	8,79	70,32
26	8	12	4,44	53,28
27	10	14	2,00	28,00
28	10	14	2,80	39,20
29	10	6	1,12	6,72
30	10	6	3,74	22,44
31	10	92	1,90	174,80
32	10	76	2,78	211,00
33	10	13	11,92	155,00

Quantidades de barras de aço por bitola da Bacia contenção de Químicos  
Fonte: Autoria Própria (2021)

Estrutura:	Decantador Secundário			
	N	Diamêtro (mm)	Quantidade Barras	Comprimento Corte (m)
1	5	272	0,20	54,40
2	8	296	12,00	3.552,00
3	8	272	2,00	544,00
4	8	272	2,71	737,12
5	8	268	2,03	544,04
6	8	272	2,69	731,68
7	8	6	1,51	9,06
8	8	6	2,03	12,18
9	8	2	1,80	3,60
10	8	4	0,92	3,68
11	8	3	0,92	2,76
12	8	3	2,00	6,00
13	8	12	12,00	144,00
14	10	272	2,63	715,36
15	10	272	2,39	650,08
16	10	4	2,00	8,00
17	10	12	1,25	15,00
18	10	68	5,51	374,68
19	10	68	5,01	340,68
20	10	136	3,38	459,68
21	10	136	3,40	462,40
22	10	68	5,03	342,04
23	10	68	5,62	382,16
24	10	68	1,08	73,44
25	10	68	1,15	78,20
26	10	34	1,70	57,80
27	10	37	3,65	135,05
28	10	6	4,50	27,00
29	10	183	12,00	2.196,00
30	12,5	12	1,42	17,04
31	12,5	17	1,80	30,60
32	12,5	17	1,25	21,25
33	12,5	34	1,00	34,00
34	12,5	17	1,40	23,80
35	12,5	17	1,95	33,15
36	12,5	17	1,41	23,97
37	12,5	12	4,06	48,72
38	12,5	5	3,22	16,10
39	12,5	2	12,00	24,00

Quantidades de barras de aço por bitola do Decantador Secundário  
Fonte: Autoria Própria (2021)

Estrutura:		Adensador de lodo		
N	Diamêtro (mm)	Quantidade Barras	Comprimento Corte (m)	Comprimento Total (m)
1	5	160	0,20	32,00
2	8	126	1,43	180,18
3	8	126	1,63	205,38
4	8	126	3,68	463,68
5	8	94	12,00	1.128,00
6	8	8	0,86	6,88
7	8	8	0,86	6,88
8	8	12	2,00	24,00
9	8	42	2,87	120,54
10	8	84	2,15	180,60
11	8	21	1,41	29,61
12	8	29	12,00	348,00
13	10	126	2,31	291,06
14	10	126	3,63	457,38
15	10	26	12,00	312,00
16	10	4	1,40	5,60
17	10	84	2,00	168,00
18	10	42	2,79	117,18
19	10	126	1,42	178,92
20	10	21	1,39	29,19
21	10	6	1,50	9,00
22	10	17	12,00	204,00
23	10	8	4,60	36,80
24	12,5	16	1,69	27,04

Quantidades de barras de aço por bitola do Adensador de Lodo  
 Fonte: Autoria Própria (2021)

Estrutura: N	Calha Parshall			
	Diamêtro (mm)	Quantidade Barras	Comprimento Corte (m)	Comprimento Total (m)
1	8	12	1,63	19,56
2	8	8	1,20	9,60
3	8	20	0,84	16,80
4	8	2	1,52	3,04
5	8	5	1,58	7,90
6	8	4	1,46	5,84
7	8	2	1,93	3,86
8	8	4	2,08	8,32
9	8	24	2,12	50,88
10	8	24	2,26	54,24
11	8	4	2,30	9,20
12	8	4	2,33	9,32
13	8	16	2,34	37,44
14	8	2	2,68	5,36
15	8	4	2,85	11,40
16	8	28	3,13	87,64
17	8	10	3,62	36,20
18	10	2	1,54	3,08
19	10	64	1,60	102,40
20	10	16	0,82	13,12
21	10	4	1,84	7,36
22	10	4	1,94	7,76
23	10	16	2,36	37,76
24	10	58	2,48	143,84
25	10	61	2,48	151,28
26	10	16	2,54	40,64
27	10	16	2,54	40,64
28	10	6	2,62	15,72
29	10	58	2,72	157,76
30	10	14	2,96	41,44
31	10	6	2,98	17,88
32	10	2	3,00	6,00
33	10	8	3,82	30,56
34	10	8	3,82	30,56
35	10	16	6,00	96,00
36	10	16	6,00	96,00
37	10	61	6,00	366,00

Quantidades de barras de aço por bitola do Calha Parshall  
Fonte: Autoria Própria (2021)

Estrutura:		Bases de bombas Parte 01		
N	Diamêtro (mm)	Quantidade Barras	Comprimento Corte (m)	Comprimento Total (m)
1	5	410	0,55	225,50
2	5	60	0,70	42,00
3	8	200	1,90	380,00
4	8	4	1,42	5,68
5	8	4	1,78	7,12
6	8	3	2,26	6,78
7	8	4	1,90	7,60
8	8	8	1,26	10,08
9	8	4	1,52	6,08
10	8	4	1,66	6,64
11	8	5	1,26	6,30
12	8	4	2,96	11,84
13	8	4	1,30	5,20
14	8	2	1,26	2,52
15	8	3	3,06	9,18
16	8	8	1,30	10,40
17	8	3	1,70	5,10
18	8	104	1,06	110,24
19	8	78	1,30	101,40
20	8	78	1,16	90,48
21	8	40	1,28	51,20
22	8	30	1,46	43,80
23	8	50	1,22	61,00
24	8	4	2,92	11,68
25	8	47	1,66	78,02
26	8	5	2,66	13,30
27	8	16	1,92	30,72
28	10	5	1,42	7,10
29	10	6	1,40	8,40
30	10	2	1,22	2,44
31	10	5	2,42	12,10
32	10	2	1,42	2,84
33	10	8	0,78	6,24
34	10	8	1,82	14,56
35	10	6	0,76	4,56
36	10	8	1,96	15,68
37	10	15	1,56	23,36

Quantidades de barras de aço por bitola das Bases de Bombas Parte 01  
Fonte: Autoria Própria (2021)

Estrutura:		Bases de bombas Parte 02		
N	Diamêtro (mm)	Quantidade Barras	Comprimento Corte (m)	Comprimento Total (m)
38	10	10	1,55	15,50
39	10	15	2,89	43,35
40	10	11	2,12	23,32
41	10	10	2,10	21,00
42	10	11	3,44	37,84
43	10	21	1,99	41,79
44	10	8	1,97	15,76
45	10	21	3,01	63,21
46	10	14	2,82	39,48
47	10	8	2,80	22,40
48	10	14	3,84	53,76
49	10	15	1,58	23,70
50	10	8	1,56	12,48
51	10	151	2,60	392,60
52	10	11	2,12	23,32
53	10	8	2,10	16,80
54	10	11	3,14	34,54
55	10	8	1,52	12,16
56	10	8	1,50	12,00
57	10	8	2,54	20,32
58	10	11	1,20	13,20
59	10	8	1,18	9,44
60	10	11	2,22	24,42

Quantidades de barras de aço por bitola das Bases de Bombas Parte 02  
 Fonte: Autoria Própria (2021)