

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
HIGOR MATHEUS DO NASCIMENTO PRADO

**ESTUDO SOBRE A PERDA DE MATERIAL NA PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS
METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

CASCADEL - PR
2016

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

HIGOR MATHEUS DO NASCIMENTO PRADO

**ESTUDO SOBRE A PERDA DE MATERIAL NA PRODUÇÃO DE ESTRUTURAS
METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Profº. Mestre em Educação, Cultura e Tecnologia, Janes Caciano Frozza.

CASCADEL - PR

2016

RESUMO

A engenharia civil, como se sabe, é um dos ramos da indústria brasileira que mais tem desperdícios, sobras de materiais que são perdidas em escalas altíssimas, onde algumas dessas perdas são inevitáveis, já outras são evitáveis e causam custo acima do estimado pelo orçamento de um projeto, causando assim despesas adicionais e impactando diretamente no lucro final da obra. Visando essa deficiência, o trabalho teve como propósito a definição da quantidade de perda estimada na produção de tesouras treliçadas metálicas em uma construtora de médio porte na cidade de Cafelândia, Oeste do Paraná, analisando um total de 5.409,95 m² de cobertura, e 22.134,65 kg de perfis “U” e “L” em estruturas de três obras distintas, com finalidades diferentes e locais diferentes, mas todas produzidas em uma mesma metalúrgica. Teve como objetivo, através de comparação do peso de projeto com o peso de material realmente utilizado, definir uma porcentagem de material em cima do peso de projeto, que considere as perdas inevitáveis do processo e que possa ser considerada em orçamentos futuros para que se evite possíveis variações no mesmo. Os resultados obtidos foram os valores médios de 1,026% de perdas para o perfil “U” e de 1,613% para o perfil “L”, obtendo uma diferença entre eles de 57,2% devido exclusivamente as funções que cada perfil desempenha na estrutura.

Palavras-chave: Estrutura metálica. Perdas inevitáveis. Orçamento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Planta de cobertura Obra 01.....	22
Figura 02: Planta de cobertura Obra 02.....	23
Figura 03: Planta de cobertura Obra 03.....	24
Figura 04: Definição dos elementos que compõem uma tesoura treliçada.....	25
Figura 05: Funcionário efetuando um corte com o auxílio do policorte.....	26
Figura 06: Recipientes de depósito das sobras.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Pesos e porcentagens Obra 01.....	28
Tabela 02: Pesos e porcentagens Obra 02.....	28
Tabela 03: Pesos e porcentagens Obra 03.....	29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Total de aço utilizado e perdido.....	29
---	----

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	6
1.1 INTRODUÇÃO.....	6
1.2 Objetivo geral	7
1.2.1 Objetivos específicos.....	7
1.3 Justificativa.....	7
1.4 Caracterização do problema	8
1.5 Delimitação da pesquisa	9
CAPÍTULO 2.....	10
2.1 PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	10
2.1.1 Planejamento de obras	10
2.1.2 Orçamento de obras	10
2.2 CONCEITOS E PROPRIEDADES DO AÇO	12
2.2.1 História do aço.....	12
2.2.2 Propriedades dos aços estruturais	13
2.2.3 Influência dos elementos de liga nas propriedades dos aços.....	14
2.2.4 Aços estruturais	15
2.3 PRODUÇÃO ESTRUTURA METÁLICA.....	16
2.3.1 Projeto.....	16
2.3.2 Manuseio e corte do material	16
2.3.3 Traçagem	17
2.3.4 Usinagem.....	17
2.3.5 Pré-montagem.....	17
2.3.6 Soldagem	17
2.3.7 Acabamento, pintura e expedição.....	18
2.4 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	18
2.4.1 Uso de materiais	18
2.4.2 Produção de resíduos	19
2.4.3 Produção de resíduos.....	19
CAPÍTULO 3.....	21
3.1 METODOLOGIA.....	21
3.1.1 Tipo de estudo e local de pesquisa	21
3.1.2 Caracterização da amostra	21

3.1.3 Coleta de dados.....	24
3.1.4 Análise dos dados	24
Capítulo 4	26
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
4.4.1 Perdas no processo de produção	26
4.1.1.1 Sobras em pedaços	27
Capítulo 5	31
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Em março deste ano, segundo a FGV (2016), estavam empregados na construção civil 2,84 milhões de trabalhadores, que registra uma queda de 18,2% em relação ao seu auge, em dezembro do ano de 2013, quando empregava 3,48 milhões.

A construção civil ainda é um setor com enorme capacidade de desenvolvimento econômico no país, jus a sua importância para o crescimento do PIB. Conta com uma grande capacidade de absorção de mão de obra, tanto no canteiro de obras quanto na indústria (SOUZA, 2005).

Em momentos de crises passadas a construção civil foi a alavanca de superação para estes acontecimentos, devido ao alto investimento e incentivo do governo, com projetos de diminuição dos juros e aumento das linhas de crédito, fazendo com que mais empréstimos fossem efetuados e assim esquentasse o mercado da construção, gerando empregos e renda para as famílias brasileiras.

A indústria da construção civil é composta de inúmeros materiais como: cimento, areia, pedra, madeira e aço, que são considerados materiais de construção básicos e que são definidos como todo e qualquer material que é utilizado na construção ou reforma de uma edificação, desde a locação e infraestrutura desta até sua fase de acabamento (HAGEMANN, 2011).

Também é composta por inúmeros profissionais como: pedreiros, carpinteiros, armadores, serralheiros e outros mais. Este processo, material mais mão de obra, gera os subsídios para uma construção, como a fôrma, a armação, o concreto, e também a estrutura de cobertura desta edificação, que comumente pode ser em aço, madeira, concreto ou mista.

Este processo de produção, seja em qualquer material, apresenta em todos os níveis um ponto negativo: grande desperdício de material, ou perdas, que segundo Souza (2005), é a diferença de material em teoria com a de fato utilizada, e que existem duas frações da mesma, uma inevitável e uma evitável, como a possível dispersão de concreto durante o transporte ou produção, o corte errôneo de uma barra de aço, a quebra de um elemento de ligação de encanamento, entre outros.

Sendo assim, entendemos que esse desperdício pode ser diferente para cada serviço e cada obra específica e que depende de inúmeros fatores como: qualidade do material, da mão de obra, das condições de trabalho, e também da supervisão dos encarregados.

Este desperdício é prejudicial em vários aspectos, pois no fim haverá gastos superiores aos valores orçados devido a maior quantidade de material a ser utilizada e mais mão de obra para gerenciamento dos resíduos sólidos da produção, impactando diretamente no lucro do projeto.

1.2 Objetivo geral

Estudar a perda de material na produção da estrutura metálica de cobertura de três obras distintas, sendo elas a ampliação de uma edificação comercial situada em Cafelândia-PR, um aviário em Sidrolândia-MS, e um incubatório de aves em Garibaldi-RS, produzidas na metalúrgica de uma construtora em Cafelândia-PR.

1.2.1 Objetivos específicos

- Identificar os materiais e métodos utilizados na produção;
- Quantificar a perda de material durante a produção;
- Verificar o destino das sobras de material.

1.3 Justificativa

O planejamento na construção civil se caracteriza como um dos principais fatores para se obter o sucesso dos empreendimentos, pois é a partir do mesmo que se obtêm informações necessárias para que o andamento na execução seja realizado da melhor maneira possível. O planejamento está ligado a diversos setores, e é pela necessidade de organização que ela surge (GOLDMAN, 1954).

Um dos passos iniciais de um bom planejamento, é o orçamento, que segundo Avila, *et al*, (2003), é a quantificação dos insumos, mão de obra e/ou equipamentos para a realização de uma obra ou serviço, assim como seus respectivos custos e tempos de execução.

Na quantificação dos insumos, seja esta obra em concreto, aço ou madeira, deve ser prevista a quantidade inevitável de perda de material, já que a mesma faz parte da composição do custo, e que qualquer valor que seja considerado sem estudo comprovado para essas perdas

será um ponto de inconsistência para o orçamento, seja esse para mais ou para menos do valor real de material necessário.

É de conhecimento geral que em estruturas metálicas estas sobras podem ser reutilizadas de várias maneiras, ou seja, as barras inteiras podem ser levadas para a próxima obra e os recortes menores vendidos ao ferro velho ou reutilizados em peças menores como chumbadores e auxiliares de fixação ou também utilizados como peso na caixa de contrapeso para portão de elevação, dentre outros fins.

Isso implica diretamente nos custos da obra, pois se a consideração de perdas for maior que o necessário, haverá sobra excessiva de material, deixando o canteiro ou a metalúrgica mais suja, haverá maiores gastos com mão de obra para fazer a limpeza, coleta e se necessário o remanejo desses materiais.

Se a consideração de perdas for menor que o necessário, haverá falta de materiais, fazendo assim com que haja atraso na execução da mesma, já que para esta metalúrgica em questão, só há entregas de perfis nas terças e quintas-feiras devido a política de entrega da distribuidora de aço para cidades que não sejam a mesma da sua central de distribuição. Também haverá discrepâncias em relação ao valor da obra, pois nesse caso, o valor da obra já estará fechado com as perdas consideradas, assim sendo, tudo que faltar para a produção a construtora terá que pagar do próprio bolso, diminuindo os lucros da obra.

Na metalúrgica em questão os orçamentistas da mesma usam por padrão o valor fixo de 10% para perdas na produção das suas estruturas metálicas, portanto, o trabalho visa quantificar a quantidade mais aproximada de material perdido em um dos vários processos da construção civil, fazendo com que se saiba a real porcentagem de perda de material para um determinado tipo de estrutura metálica, em uma determinada metalúrgica, podendo assim ajustar a quantidade comprada e evitar gastos maiores que o necessário na produção desta.

1.4 Caracterização do problema

Qual a porcentagem de perda de material em pedaços aproximada na produção de três estruturas metálicas distintas, em uma metalúrgica de médio porte, e qual o destino dos restos inutilizados?

1.5 Delimitação da pesquisa

A pesquisa foi limitada a quantificação da produção da estrutura metálica da cobertura de uma ampliação de edificação comercial (Obra 01) de 431,80m² com 06 tesouras de 03 dimensões diferentes, com um total de 1.250,88 kg, um aviário de corte (Obra 02) de 3.179,30m² que conta com 29 tesouras iguais totalizando 10.170,54 kg e um incubatório de aves (Obra 03) de 1.798,85m², que conta com 23 tesouras de 06 diferentes dimensões e totaliza 10.713,22 kg, ambas produzidas por uma construtora de Cafelândia-PR.

Limita-se a quantificação dos restos de perfis “U” e “L” metálicos, oriundos do corte dos perfis.

Como esclarecido anteriormente, o método escolhido para o corte dos perfis, o policorte, gera também as sobras em pó. Porém, esse pó encontrado e que pode ser recolhido no chão da metalúrgica, próximo ao aparelho policorte, não tem somente pó ou limalha de ferro em sua composição, o disco usado nos cortes se “desgasta” durante seu uso e também gera seus resíduos, estes que saem junto ao pó do aço e formam as sobras em pó desta composição.

Esta parcela da perda na produção de estruturas metálicas, é extremamente pequena, porém possível de quantificar, mas não foi considerada neste trabalho.

CAPÍTULO 2

2.1 PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1.1 Planejamento de obras

Segundo Limmer (1997), define-se planejamento como um processo ou ação, que tem por meta o estabelecimento de objetivos, onde se possa discutir expectativas de ocorrências de situações previstas, troca-se informação como projetos futuros e resultados e estatísticas de projetos passados, que pode ocorrer entre unidades de trabalho, dentro de uma empresa em um único setor ou entre setores distintos, ou também entre empresas.

Goldman (1954) afirma que o planejamento em si deve ser todo elaborado na fase anterior a execução da obra, já que se este processo não for executado, não haverá dados suficientes para análise e comparação no momento após execução da obra.

A fase de controle do empreendimento se dá no período de execução do mesmo, onde a qualidade deste controle está diretamente ligada a qualidade e confiabilidade do planejamento elaborado anteriormente. Quanto maior o comprometimento para com o planejamento, melhor será a qualidade das informações dispostas. Este controle é necessário para que se possa verificar deficiências ainda durante a execução da obra e corrigir a mesma ainda neste período, não simplesmente para apontar as deficiências já ocorridas (GOLDMAN, 1954).

Um bom planejamento, segundo Limmer (1997), se faz quando o mesmo está em dia e sincronizado com todas as etapas do empreendimento, e assim sendo não é diferente com a etapa de orçamento.

2.1.2 Orçamento de obras

Orçar, segundo Avila, *et al* (2003), resume-se no processo de identificar e quantificar insumos, mão de obra ou equipamentos, que são necessários para a realização de alguma atividade, obra ou serviço, assim como seus respectivos custos totais e unitários, e o tempo em que essa obra ou serviço será executado.

Já para Limmer (1997), o orçamento pode ser definido como a determinação e especificação dos gastos que são necessários para a realização de um empreendimento, obra

ou serviço, de acordo com um plano de execução previamente estabelecido na etapa de planejamento, gastos estes que serão traduzidos em termos quantitativos que na maioria das vezes é um valor monetário.

Consiste na previsão de ocorrência de atividades que são logicamente encadeadas e necessárias para o produto final, que consomem recursos, ou seja, gera custos que geralmente são expressos em termo de unidade monetária padrão, sendo em suma a previsão de ocorrências monetárias durante toda a execução do empreendimento (Limmer, 1997).

O orçamento pode ser observado de duas visões distintas, de acordo com Avila, *et al* (2003), que seria uma como processo e a outra como produto.

Como processo, todo o corpo gerencial da empresa é presente, com o objetivo de traçar metas empresariais em termos monetários, onde todos se comprometem com a realização desta ação para um possível crescimento da empresa ou mudança em seus hábitos. Além disso, este processo orçamentário possibilita com que se tenha projeções futuras dos balanços mensais da empresa, o que permite planejar o exercício ou exercícios dos futuros meses, contribuindo para que a empresa conheça e avalie seus futuros lucros (AVILA, *et al*, 2003).

Já como produto, o objetivo do orçamento é levantar o custo e logo após o seu preço para algum produto de sua empresa, podendo ser a construção de uma obra ou também a realização de um serviço. Sem dúvidas, este orçamento tem impacto direto no desempenho da empresa, devido a sua funcionalidade como um todo orgânico e pode se considerar que o orçamento produto tem suas diretrizes definidas no processo orçamentário da empresa (AVILA, *et al*, 2003).

Tanto no orçamento processo quanto no produto, Limmer (1997) afirma que em decorrência de na maioria das vezes o orçamento ser elaborado antes ou por ocasião do início de um empreendimento, dispõe-se de informações incompletas, cujo detalhamento ainda é pobre e indefinido. Afirma também que para um orçamento com pouca informação a margem de erro pode variar de +40% a -40%, sendo que em um orçamento com abundância de informações este erro varia somente de +5% a -5%.

Esta qualidade de informação depende exclusivamente do grau de detalhamento do projeto em sua fase de engenharia, onde através dessa qualidade podem ser estabelecidos o método orçamentário de correlação e o de quantificação (LIMMER, 1997).

Correlação, segundo Limmer (1997), baseia-se em uma estimativa de custo em comparação com outra obra, de dimensões diferentes mas de características iguais, mesmo

tipo, que tem custo proporcional a outra obra já construída por essa empresa com essas características.

Quantificação de insumos se baseia no levantamento quantitativo de todos os insumos necessários para o desenvolvimento de uma obra ou serviço, que podem ser divididos em mão de obra, materiais e equipamentos, tanto os incorporados ao projeto quanto aos utilizados para sua execução (LIMMER, 1997).

Os materiais, segundo Limmer (1997), podem ser quantificados com precisão razoável e é definido a partir de levantamentos sobre projetos e especificações técnicas, que são elaborados na fase de engenharia do empreendimento, mesmo que em definição preliminar, devendo-se entretanto considerar na quantificação o tipo de material e as perdas em que estarão sujeitos (pode ser em função do transporte, manuseio, estocagem e da própria qualidade do material, bem como da qualidade da mão de obra que irá aplicá-lo).

Já a quantificação de mão de obra e equipamentos de construção, segundo Limmer (1997), depende exclusivamente do processo de execução do projeto e de outros fatores de complicada previsão, como a variação de produtividade, fatores culturais, climáticos e atmosféricos, flutuações no fornecimento de energia que supre os equipamentos de construção e também o funcionamento defeituoso destes, etc.

2.2 CONCEITOS E PROPRIEDADES DO AÇO

2.2.1 História do aço

Há quase três séculos atrás, segundo Nagahama (s/d), houve as primeiras tentativas de industrialização do aço para uso comercial, especificamente no ano de 1720, obteve-se o ferro por fundição com coque, também houve o início da produção do ferro de primeira fusão em grandes quantidades. Em 1784, houve o aperfeiçoamento dos fornos, a fim de converter o ferro de primeira fusão em ferro forjável e somente 80 anos depois, em 1864 houve a introdução do forno Siemens-Martin para a produção do aço. Antes disso, em 1830 e 1854, houve as primeiras laminações de trilhos de trem e perfis “I”, respectivamente.

A primeira obra de importância construída em aço foi uma ponte na cidade de Coalbrookdale, Inglaterra, que foi projetada por Abraham Darby com trinta metros de vão livre (Figura 01). O primeiro edifício industrial em ferro foi construído em Manchester, também na Inglaterra, no ano de 1801 (NAGAHAMA, s/d).

2.2.2 Propriedades dos aços estruturais

Dentre todas as propriedades do aço, segundo Dias (1997), as mecânicas são as de maior importância para a sua aplicação no campo de engenharia, tendo em vista que a execução e o projeto destas, assim como a confecção de seus componentes, são baseados no seu conhecimento.

Quando sujeitos a esforços, as propriedades mecânicas definem o comportamento do aço e correspondem as propriedades que determinam a sua capacidade de resistir e transmitir os esforços solicitados, sem que esse aço se rompa ou que ocorra excessivas deformações (DIAS, 1997).

Segundo Dias (1997), são cinco as principais propriedades dos aços estruturais:

- Diagrama tensão-deformação: quando uma barra metálica é submetida a um esforço de tração crescente, onde essa sofre uma deformação progressiva de extensão (aumento de seu comprimento original). Desse esforço, pode-se obter um gráfico onde é possível enxergar o máximo de esforço que essa barra suporta antes de começar a se deformar. Determina-se também as fases elásticas e plásticas da barra, onde define-se o limite de escoamento da peça e posteriormente o limite de resistência deste.

- Elasticidade: quando uma barra metálica é sujeita a um esforço, está em processo de deformação. A elasticidade é a capacidade do material dessa barra de voltar ao seu estado original (comprimento) após cessar o carregamento nessa barra. A deformação elástica é completamente reversível, fazendo com que o material volte a sua forma original logo após a remoção da tensão. A relação entre a tensão aplicada e a deformação linear da peça origina o módulo de elasticidade do material, que é diretamente relacionada a sua rigidez.

- Plasticidade: quando há aplicação de tensão igual ou superior ao limite de escoamento, ocorre a indesejada deformação plástica, ou deformação permanente. Resulta de um deslocamento permanente dos átomos que compõem o material, diferindo então da deformação elástica onde seus átomos mantem suas posições relativas.

- Ductilidade: é a capacidade de um material se deformar plasticamente sem que ocorra o rompimento deste. Quanto mais dúctil o aço, maior é a redução da seção transversal ou alongamento da peça antes da ruptura. A ductilidade é de suma importância em estruturas metálicas devido a necessidade da redistribuição de tensões locais elevadas. Também é útil na

visualização de elementos sobrecarregados, onde este por ser altamente dúctil apresenta grandes deformações antes de seu limite último de ruptura.

- Tenacidade: quando um material é submetido a um impacto, existe a necessidade de amortecimento deste, a capacidade de absorção dessa energia é denominada tenacidade. Sendo assim, tenacidade é o somatório de energia, elástica e plástica, que certo material pode absorver, por unidade de volume até que haja a ruptura. Desde modo, um material dúctil com a mesma resistência de um material frágil vai requerer maior quantidade de energia para ser rompido, sendo, portanto, mais tenaz.

2.2.3 Influência dos elementos de liga nas propriedades dos aços

Das características do aço em aplicações estruturais, segundo Dias (1997), muitas são definidas a partir de sua composição química. Denominados elementos de liga, muitos já aparecem no ferro-gusa como parte de sua formação original, ou podem ser adicionados propositalmente durante o processo de produção do aço para que se tenha características distintas para aços distintos, e consequentemente, aplicações distintas.

Segue a seguir os principais elementos de adição no aço e suas características resultantes, segundo Dias (1997):

- Carbono (C): a maneira mais barata e comum de aumentar a resistência mecânica dos aços é com o aumento do teor de carbono, onde atua principalmente no limite de resistência. Em contrapartida, reduz sensivelmente a ductilidade e a tenacidade. Também prejudica a soldabilidade e a resistência a corrosão atmosférica.

- Manganês (Mn): praticamente todo aço comercial tem manganês em sua composição, já que o aumento do seu teor na composição do aço também aumenta a resistência mecânica, em especial no limite de escoamento e a resistência a fadiga. Prejudica a soldabilidade, porém menos que o carbono, tendo também como desvantagem uma leve queda na ductilidade.

- Silício (Si): usado comumente como desoxidante para o aço, tendo leves favorecimentos no limite de escoamento e de resistência. Resistência a corrosão, prejudicando, porém, a soldabilidade.

- Enxofre (S): é altamente prejudicial aos aços, desfavorecendo a ductilidade e a soldabilidade, não traz nenhum benefício.

- Fósforo (P): Favorece o limite de resistência. Resistência a corrosão e a dureza, prejudica, porém, a ductilidade e a soldabilidade, torna o aço quebradiço se ultrapassar certos teores.

- Cobre (Cu): Sensível aumento a resistência a corrosão atmosférica, resistência a fadiga e reduz discretamente a ductilidade, tenacidade e soldabilidade.

- Níquel (Ni): aumento da resistência mecânica, tenacidade e resistência a corrosão, diminui, porém, a soldabilidade.

- Cromo (Cr): Aumenta a resistência mecânica a abrasão e a corrosão atmosférica, reduzindo somente a soldabilidade. Melhora drasticamente a eficiência do aço em temperaturas elevadas.

- Nióbio (Nb): elemento interessante quando se deseja elevada resistência mecânica e boa soldabilidade onde teores baixíssimos desse elemento aumentam o limite de resistência e, de forma notória, o limite de escoamento. É um elemento quase obrigatório nas composições dos aços de alta resistência e baixa liga pois não prejudica a soldabilidade e permite a diminuição dos teores de carbono e manganês, melhorando assim a soldabilidade e tenacidade. É desfavorável somente em relação a ductilidade.

- Titânio (Ti): aumento no limite de resistência. Resistência a abrasão e melhora o desempenho do aço a temperaturas elevadas, é utilizado também quando pretende-se evitar o envelhecimento precoce.

2.2.4 Aços estruturais

No mercado, segundo Dias (1997), existe uma enorme variedade de formas e de tipos de aços disponíveis, que é decorrente da grande variedade de finalidades de aplicações que vão surgindo ao longo dos anos que pode aparecer devido o controle da composição química, garantia das propriedades mecânicas requeridas ou até mesmo por sua forma final. Para a construção civil, o maior interesse recai sobre os denominados aços estruturais, que tem esse nome devido a sua resistência, ductilidade e outras propriedades, são os mais adequados para elementos que suportam cargas.

Dentre estes se destacam os aços carbono, aços de baixa liga e os aços resistentes ao fogo, tendo em cada um, um teor diferente de cada elemento de liga diferente para que se atenda suas especificações e resistências desejadas (DIAS, 1997).

2.3 PRODUÇÃO ESTRUTURA METÁLICA

2.3.1 Projeto

O projeto completo de uma estrutura de aço, segundo Dias (1997), abrange três atividades distintas:

- Projeto de engenharia: compreende a concepção estrutural, a discriminação dos perfis a serem utilizados assim como seus respectivos comprimentos e as características de suas seções transversais, caracterização dos vínculos, os esforços atuantes nos pontos críticos da estrutura, dimensionamento, plano de cargas das fundações, estimativa de aço a ser consumido. Ao final é elaborado os desenhos da estrutura de acordo com o nível de detalhamento desejado.

- Projeto de fabricação: etapa onde é detalhado acintosamente cada elemento que compõe a estrutura, em casos especiais, pode-se detalhar separadamente peças que necessitam de maior atenção ou de maior dificuldade de execução, ou podem ser detalhadas em conjunto. Também é composta de lista de material.

- Projeto de montagem: este representa de forma mais esquemática o projeto como um todo, onde as peças produzidas em fábrica se encaixam e se completam para formar a estrutura final, mostra o sistema estrutural e a indicação de cada peça, além da sequência de montagem.

2.3.2 Manuseio e corte do material

Neste processo há necessidade de logística, onde os materiais a serem utilizados primeiro nos processos de produção devem ser descarregados por último, ficando assim de acesso mais fácil para os funcionários durante a produção. As operações de abastecimento de matéria prima, deslocamento e posicionamento das peças em fabricação, são geralmente auxiliadas por pontes rolantes, carros sobre trilhos, talhas, etc (DIAS, 1997).

Os tipos mais comuns de corte em aço, segundo Dias (1997), são feitos a partir de tesouras, serras circulares, policorte, e o corte a gás, mais conhecido como oxicorte. Também se dispõe hoje de cortes de alta qualidade e precisão com o plasma.

A escolha desse processo pode depender de vários aspectos, principalmente o tipo de material e da complexidade do trabalho a ser realizado (DIAS, 1997).

2.3.3 Traçagem

Processo onde as peças já cortadas, passam para a etapa de demarcação, principalmente quando a quantidade de peças é pequena e o trabalho manual é mais viável. Consiste em marcações principalmente de furos, onde a partir de gabaritos os mesmos são puncionados e circulados com riscadores de giz ou de pedra de sabão (DIAS, 1997).

2.3.4 Usinagem

Etapa onde são executados todos os processos restantes necessários antes da pré montagem como: cortes, recortes, furações, dobramentos, desempenos e demais ajustes que forem necessários de acordo com o tipo de trabalho requerido (DIAS, 1997).

2.3.5 Pré-montagem

Nessa seção, que também pode ser chamada de setor de montagem, o trabalho consiste em agrupar os elementos individuais, dando forma as peças finais da estrutura. Composto de montadores e soldadores, depende diretamente das etapas de traçagem e usinagem para que possam desempenhar um trabalho bem feito. Neste processo as peças são somente ponteadas com solda, assegurando seu posicionamento (DIAS, 1997).

2.3.6 Soldagem

Após o processo de montagem, onde as peças estruturais estão com seus elementos individuais em seus devidos posicionamentos, a peça vai para as linhas de solda, utilizando-se solda manual com eletrodo revestido. Normalmente envolve mais que um soldador devido à grande quantidade de solda a ser realizada e por ser atividades trabalhosas e demoradas (DIAS, 1997).

Deve-se destacar, segundo Dias (1997), que todo o processo de soldagem provoca deformações nas peças por causa da retração térmica, assim sendo, é necessário realizar uma reavaliação das condições geométricas das peças, para que eventuais alinhamentos e ajustes possam ser realizados.

2.3.7 Acabamento, pintura e expedição

O Acabamento, de acordo com Dias (1997), caracteriza-se por qualquer reparo após o processo de soldagem, como o endireitamento e ajuste de peças ou o esmerilhamento das bordas das peças cortadas por maçarico ou tesouras, que provocam rebarbas cortantes podendo ser um risco a integridade física das pessoas em contato com essa peça.

No processo de pintura, primeiro deve-se executar a devida limpeza e tratamento da superfície para que esta possa receber a película de polímero, que por sua vez depende das especificações de projeto e do meio em que será instalada (DIAS, 1997).

A expedição, segundo Dias (1997), também necessita de atenção especial da logística, envolve o embarque e a expedição das peças da estrutura para o seu local de montagem. Deve ser coordenada com as necessidades da obra para que se evite estocagem desnecessária no canteiro ou em ordem não adequada de montagem. Deve-se ter registro de todos os embarques com “*check-list*” das peças carregadas para futuras conferências, documentando qualidade, quantidade e peso das peças embarcadas, que são denominadas romaneios.

2.4 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.4.1 Uso de materiais

Referente a demanda de materiais na construção civil, esta tem grande importância quando comparada as demais indústrias. Sabe-se que um edifício pode demandar, durante sua construção, quantidades exorbitantes de cimento, brita, areia, aço, chapas de compensado, madeira, componentes metálicos, blocos e tijolos, argamassa, dentre muitos outros (SOUZA, 2005).

Fazendo-se um balanço referente a quantidade total de materiais necessária para a produção de um metro quadrado de edifício, dificilmente não superará a marca de 1.000 kg, em outras palavras, grosseiramente pode-se dizer que um metro quadrado de construção tem-se aproximadamente uma tonelada de materiais como os descrito acima (SOUZA, 2005).

2.4.2 Produção de resíduos

Não somente em consumo de materiais, mas também em geração de resíduos, Souza (2005) afirma que a construção civil também mostra expressividade. É normal andar pelas cidades do Brasil e encontrar caçambas de entulho, não somente em construções novas e grandes e sob responsabilidade de grandes construtoras. No mercado da construção, existe uma fração deste muitas vezes denominado mercado informal, abrangendo não somente as construções novas, mas também as reformas, que podem parecer insignificantes a princípio, mas a larga escala demonstram grandes números, maiores até que a construção formal.

Apesar que a geração de entulho seja mais expressiva na construção informal, não se deve usar deste fato como desculpa para não se preocupar com a formal, onde atuam os responsáveis técnicos, que por sua vez tem a obrigação de combater essa geração de resíduos, parte pela eficiência dos processos sobre quais tem poder de decisão, e parte para que se adote uma postura e seja capaz de influenciar as atitudes de quem está no mercado informal (SOUZA, 2005).

2.4.3 Produção de resíduos

É notável, segundo Souza (2005), que a construção civil esteja em destaque em toda discussão sobre desenvolvimento sustentável e desperdício de materiais. Isso acontece devido a grande demanda de material que esta consome, fazendo com que todos os olhos decaiam sobre ela e fazendo com que cada vez mais aumente a procura por métodos mais eficientes neste ramo da indústria brasileira. A importância desse assunto atraiu leigos e profissionais de várias áreas de atuação distintas para o seu debate, fazendo com que muitas opiniões e interesses distintos se opusessem sobre a real significância.

Define-se então, segundo Souza (2005), que perda é toda a quantidade de material consumida, além da quantidade teoricamente necessária, que é aquela indicada no projeto e em seus memoriais ou demais prescrições do projeto, para o produto sendo executado. Em qualquer processo de fabricação, especialmente na construção civil, onde a mão de obra é precária e os materiais nem sempre são da melhor qualidade, há a perda de materiais, que podem advir de inúmeras causas possíveis e infelizmente ainda são elevadas e carecem de combate.

Olhando-se minuciosamente sob um aspecto positivo, a melhoria da eficiência no uso dos materiais pode ser um caminho promissor e saudável para que se possa melhorar a eficiência da empresa, contribuindo muito para a competitividade da mesma no mercado (SOUZA, 2005).

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local de pesquisa

No trabalho em questão, a metodologia de pesquisa foi do tipo quantitativa, baseada em revisão bibliográfica de livros, teses, dissertações, monografias e normas sobre orçamento e planejamento, produção de estrutura metálica e perdas no processo de produção.

A revisão bibliográfica teve início na concepção do orçamento. Em sequência, o estudo focou-se na produção da estrutura metálica e nas sobras oriundas da mesma.

A metodologia de coleta consistiu-se na retirada de dados na metalúrgica da empresa selecionada, situada na região Oeste do Paraná, do ramo agroindustrial, na cidade de Cafelândia, durante a fabricação das estruturas do tipo tesoura treliçada.

3.1.2 Caracterização da amostra

O estudo foi realizado conforme dados de produção de três obras com finalidades distintas e com o aspecto em comum de que sua cobertura foi executada em tesouras treliçadas metálicas e que foram produzidas todas na sede da empresa, em Cafelândia-PR.

Para o estudo, foi necessário um cálculo de peso de perfis dobrados, já que a mesma não tem tabela fixa devido a sua grande variedade de seções e espessuras. Sendo assim, foi solicitado a empresa distribuidora do aço a fórmula utilizada por eles para esse cálculo, denominada Equação 01.

$$P/m = [SI - (ND * E * 2)] * E * 0,00785 \quad .(01)$$

Onde:

P/m – Peso (kg/m);

SF- Somatório final das abas do corte do perfil (mm);

E – Espessura da chapa do perfil (mm);

0,00785 – Constante do peso específico do aço;

SI – Somatório inicial das abas do perfil (mm);

ND – Número de dobras no corte do perfil.

Exemplo para perfil U100x40 #2,65:

$$SI=40+100+40$$

$$SI=180 \text{ mm}$$

$$ND=2$$

$$E=2,65 \text{ mm}$$

$$P/m=[180 - (2 * 2,65 * 2)] * 2,65 * 0,00785$$

$$P/m=3,52 \text{ kg/m}$$

A primeira obra estudada (Obra 01), foi a estrutura de cobertura para a ampliação de uma edificação comercial de uma loja de móveis situada também em Cafelândia-PR, que tem 431,80 m² de cobertura, tendo em sua cobertura 06 tesouras metálicas, de 03 dimensões diferentes, totalizando 1.250,88 kg, sendo destes 719,50 kg em perfil “U” e 531,38 kg em perfil “L”, com comprimento de vão máximo de 14,30 m (Figura 01).

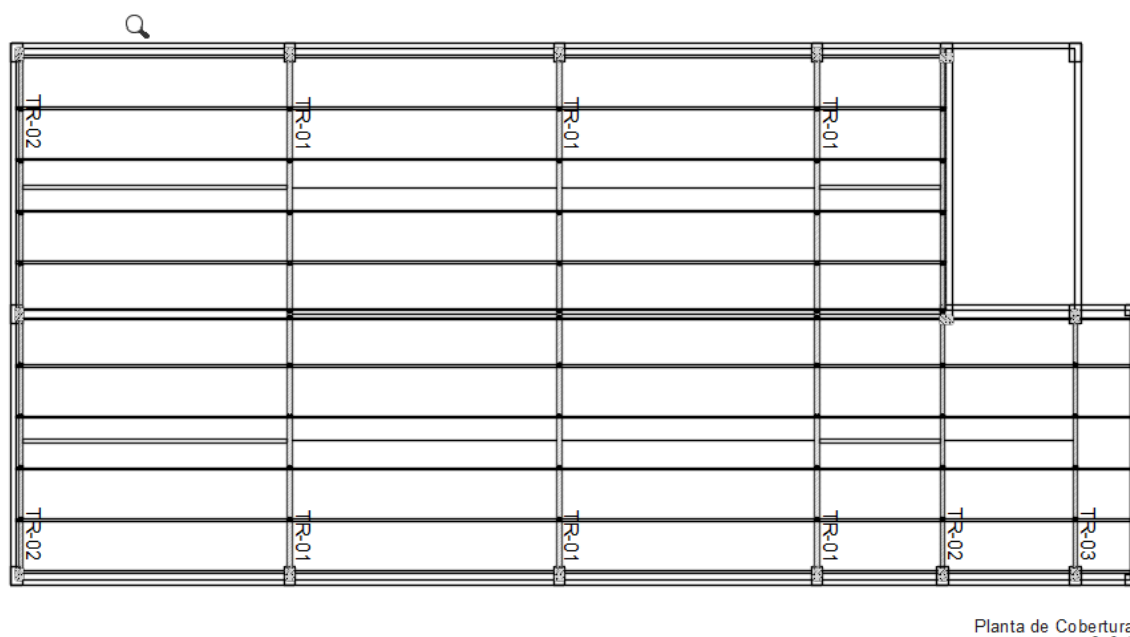


Figura 01: Planta de cobertura Obra 01

Fonte: (Autor, 2016)

A segunda obra estudada (Obra 02), foi a estrutura de cobertura para a construção de um aviário de corte situado na cidade de Sidrolândia-MS, que por sua vez tem 3.179,30 m² de área coberta, conta com 29 tesouras iguais com um total de 10.170,54 kg, sendo estes

divididos em 6.252,98 kg de perfil “U” e 3.917,56 de perfil “L”, com comprimento de vão igual a 18,60 m (Figura 02).

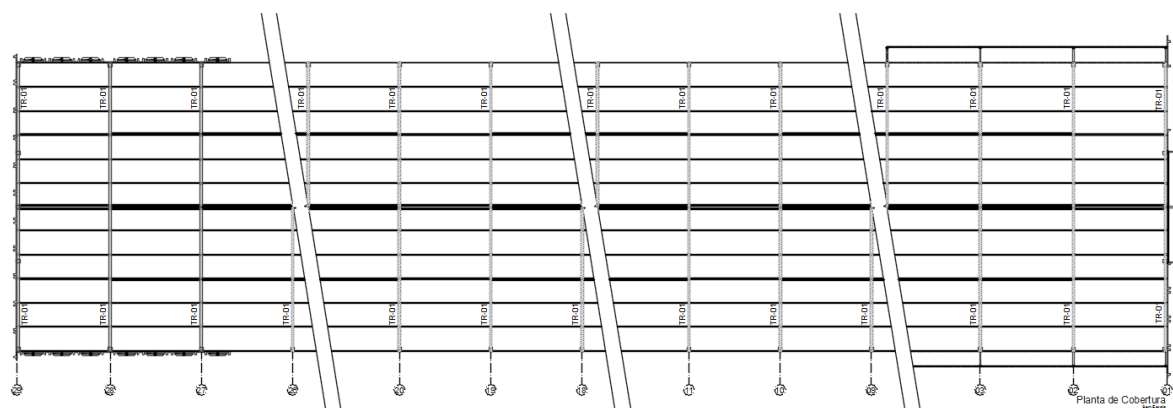


Figura 02: Planta de cobertura Obra 02
Fonte: (Autor, 2016)

A terceira e última obra (Obra 03), foi a estrutura de cobertura para a construção de um incubatório de aves situado na cidade de Garibaldi-RS, que consiste em 1.798,85 m² de cobertura e 23 tesouras de 06 dimensões diferentes, totalizando 10.713,22 kg, dentre estes, 6.043,36 kg de perfil “U” e 4.669,86 kg de perfil “L”, com comprimento máximo de vão de 28,0 m (Figura 03).

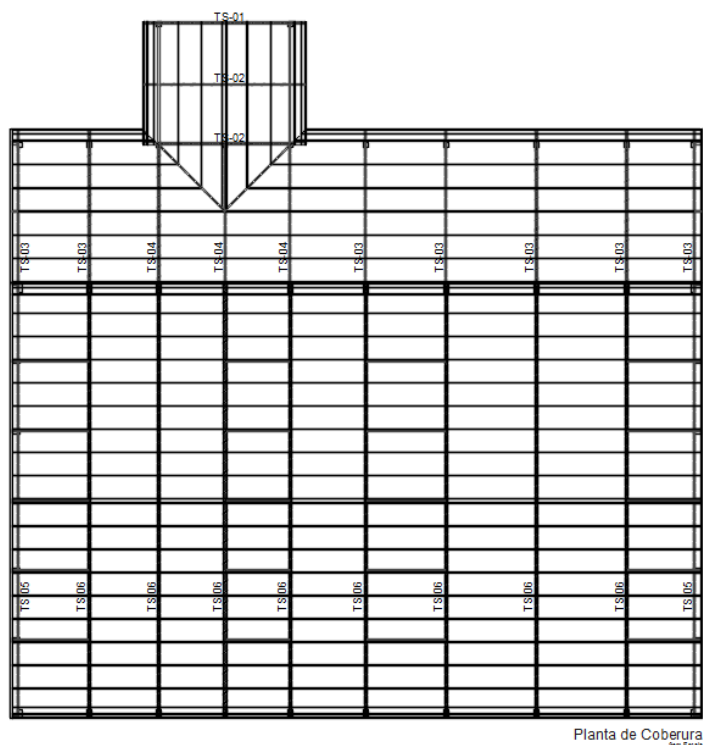


Figura 03: Planta de cobertura Obra 03
Fonte: (Autor, 2016)

No total, o estudo foi realizado em 5.409,95 m² de cobertura, com um total de 22.134,65 kg de tesouras treliçadas.

3.1.3 Coleta de dados

O Primeiro passo foi fazer a limpeza geral do barracão onde serão produzidas as estruturas, em especial a região ao redor do aparelho de corte dos perfis, que aconteceu em um equipamento do tipo policorte, que usa discos a base de camadas de resinados e fibra de vidro em sua composição para executar seus cortes.

Logo depois iniciou-se o processo de corte dos perfis de acordo com o projeto estrutural, obedecendo medidas e a seção dos perfis especificados. Os perfis “U” e “L” foram cortados em duas etapas distintas para que se possa ter os quantitativos de ambos separadamente.

Toda sobra de barra de aço foi separada entre dois depósitos diferentes, Recipiente 01 para os perfis de seção “U”, que nestes projetos fazem a função de banzo inferior e superior, e o Recipiente 02 para perfis de seção “L”, que por sua vez fazem a função de diagonal e montante na estrutura (Figura 04).

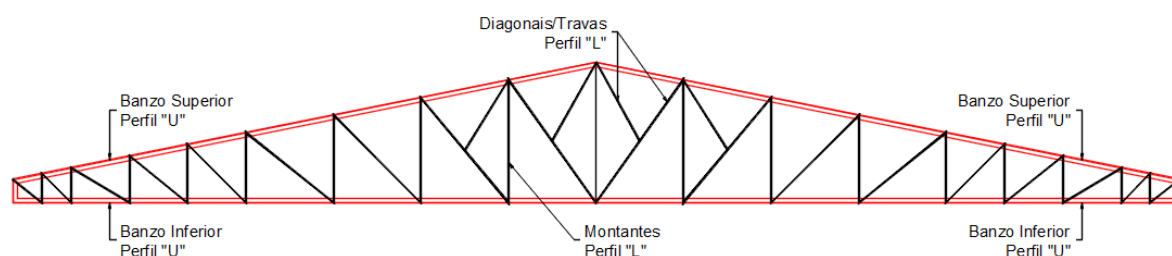


Figura 04: Definição dos elementos que compõem uma tesoura treliçada.

Fonte: (Autor, 2016)

3.1.4 Análise dos dados

Após finalizar o processo de corte, os restos de materiais separados foram pesados em uma balança da empresa devidamente calibrada, com precisão de 05 casas decimais, as sobras em pedaços, separadas nos Recipientes 01 e 02, tendo o peso total de aço desperdiçado.

Finalmente, comparou-se a massa de material desperdiçado com a massa de projeto, e então encontramos uma estimativa muito aproximada da quantidade de material desperdiçado por cento de material solicitado para o tipo de estrutura e empresa em questão.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O trabalho foi realizado a partir do acompanhamento da produção de estruturas metálicas e registros fotográficos, com a colaboração dos soldadores e do estagiário da empresa onde ocorreu o estudo.

As obras selecionadas para o estudo se encontram em três cidades e três estados diferentes do Brasil, cada uma com sua finalidade, mas tem o fator em comum de que foram produzidas todas na sede da construtora na cidade de Cafelândia-PR.

Juntas, as três obras em questão somam uma quantia de 22.134,65 kg de estrutura metálica em tesouras treliçadas em peso de projeto, que é o peso da estrutura final, sem considerar as sobras e perdas no processo de fabricação, especificamente na fase de corte dos perfis.

4.4.1 Perdas no processo de produção

Na indústria escolhida para o estudo, o método de corte dos perfis adotado foi o policorte, que como explicado anteriormente, é um aparelho elétrico de alta rotação que usa discos resinados para efetuar seus cortes (Figura 05).



Figura 05: Funcionário efetuando um corte com o auxílio do policorte.

Fonte: (Autor, 2016)

Devido a esse método, as perdas de material provenientes dele podem ser classificadas em duas classes, as sobras em pedaços e as sobras em pó.

4.1.1.1 Sobras em pedaços

As sobras em pedaços, que como o nome sugere, são sobras sólidas e de tamanhos variáveis, tem seu valor obtido de forma direta após o corte dos perfis, diferentemente das sobras em pó.

Sabendo disso, o único passo processual do estudo foi reservar dois recipientes, um para os perfis “U” e outro para os perfis “L”, onde os funcionários designados para a função de corte foram orientados a separar e guardar todas as sobras provenientes do corte para posterior pesagem, que ao final do corte de cada barra de perfil, a sobra, ou ponta, foi depositada no seu respectivo recipiente, conforme exposto na Figura 06, onde vemos os recipientes locados logo ao lado do funcionário que estava efetuando os cortes, tendo assim o peso final das sobras em pedaços.



Figura 06: Recipientes de depósito das sobras.

Fonte: (Autor, 2016)

Na Obra 01, tinha-se a executar o equivalente a 1.250,88 kg em tesouras treliçadas, segundo o resumo de aço do projeto, sem considerações de perdas, sendo 719,50 kg destes em perfil “U” e 531,38 kg em perfil “L”. Teve-se como resultado da coleta de dados os valores de 7,30 kg de sobras para os perfis “U” e 8,60 kg para os perfis “L”, tendo assim um percentual de perda de 1,02% para os perfis “U” e por sua vez 1,62% para os perfis “L” (Tabela 01).

Obra 01	
Peso de projeto (kg)	1.250,88
Perfil "U" Total (kg)	719,50
Perfil "U" Perda (kg)	7,30
Perfil "U" Perda (%)	1,02
Perfil "L" Total (kg)	531,38
Perfil "L" Perda (kg)	8,60
Perfil "L" Perda (%)	1,62

Tabela 01: Pesos e porcentagens Obra 01.

Fonte: (Autor, 2016)

Já na Obra 02, tinha-se a executar o equivalente a 10.170,54 kg em tesouras treliçadas, segundo o resumo de aço do projeto, sem considerações de perdas, sendo 6.252,98 kg destes em perfil “U” e 3.917,56 kg em perfil “L”. Teve-se como resultado da coleta de dados os valores de 66,90 kg de sobras para os perfis “U” e 61,90 kg para os perfis “L”, tendo assim um percentual de perda de 1,07% para os perfis “U” e por sua vez 1,58% para os perfis “L” (Tabela 02).

Obra 02	
Peso de projeto (kg)	10.170,54
Perfil "U" Total (kg)	6.252,98
Perfil "U" Perda (kg)	66,90
Perfil "U" Perda (%)	1,07
Perfil "L" Total (kg)	3.917,56
Perfil "L" Perda (kg)	61,90
Perfil "L" Perda (%)	1,58

Tabela 02: Pesos e porcentagens Obra 02.

Fonte: (Autor, 2016)

Por fim, na Obra 03, tinha-se a executar o equivalente a 10.713,22 kg em tesouras treliçadas, segundo o resumo de aço do projeto, sem considerações de perdas, sendo 6.043,36 kg destes em perfil “U” e 4.669,86 kg em perfil “L”. Teve-se como resultado da coleta de dados os valores de 59,83 kg de sobras para os perfis “U” e 76,58 kg para os perfis “L”, tendo assim um percentual de perda de 0,99% para os perfis “U” e por sua vez 1,64% para os perfis “L” (Tabela 03).

Obra 03	
Peso de projeto (kg)	10.713,22
Perfil "U" Total (kg)	6.043,36
Perfil "U" Perda (kg)	59,83
Perfil "U" Perda (%)	0,99
Perfil "L" Total (kg)	4.669,86
Perfil "L" Perda (kg)	76,58
Perfil "L" Perda (%)	1,64

Tabela 03: Pesos e porcentagens Obra 03.

Fonte: (Autor, 2016)

Analizando as perdas individuais de cada obra e utilizando do método da média aritmética, observou-se que a perda média de perfil “U” nas três obras foi de 1,026%, já o perfil “L” teve uma perda média de 1,613% (Gráfico 01). É notável a diferença entre a perda de ambos os perfis, que deve-se principalmente ao fato de que como o perfil “U” foi utilizado para os banzos superiores e inferiores, e estes elementos da estrutura são de tamanhos consideravelmente grandes, logo percebeu-se que algumas barras não necessitaram de corte, como por exemplo o banzo inferior da estrutura da Obra 02, que tem o comprimento de 18,6 metros, como as barras utilizadas são de 6,0 metros, foi necessário o corte de somente uma barra para a produção desse banzo, utilizando assim 03 barras inteiras de 6,0 metros e 01 pedaço de 0,6 metros de comprimento. Utilizando da mesma comparação, o perfil “L” necessita de corte em todos os seus elementos, já que seu elemento de maior comprimento, presente na Obra 03, mede exatos 2,65 metros, necessitando assim de corte em todas as peças, já que as barras deste perfil também são de 6,0 metros.

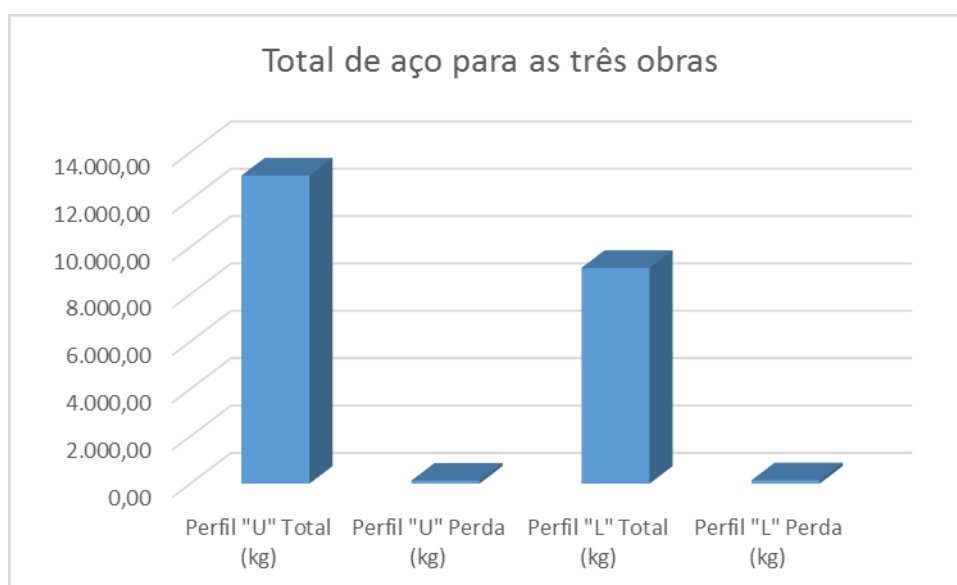


Gráfico 01: Total de aço utilizado e perdido.

Fonte: (Autor, 2016)

Nesse sentido, constatou-se que devido aos motivos justificados anteriormente, a perda de perfil “L” é 57,2% maior que a perda de perfil “U”, o que o torna o perfil com a maior preocupação para redução de perdas e melhoras de aproveitamento.

Vale ressaltar novamente, que todas essas sobras não são totalmente “perdidas”, na produção de estruturas metálicas praticamente tudo que sobra pode ser reutilizado, como os pedaços de perfil “L” com tamanhos superiores a 8,0 cm podem ser reutilizados como chumbadores de portas, ou também como auxiliares de fixação das próprias tesouras das quais este foi originado.

Mesmo tendo um aproveitamento quase que total, uma parte disso não se enquadra nos reaproveitamentos citados acima, sendo assim, estes restos, na empresa estudada, são reservados em um recipiente externo a metalúrgica durante o tempo de aproximadamente 2 a 3 meses, até que a capacidade do recipiente alcance seu máximo, então a empresa em questão acionam uma outra empresa, especializada em gerenciamento de ferro velho, que vem até a metalúrgica com seu caminhão, coleta esse material e o leva até a sede do “ferro velho”, onde lá é separado e também é recolhido por outra empresa, que entrega esse material em uma siderúrgica na cidade de Curitiba-PR, onde é classificado e derretido, e novamente convertido em aço útil, seja para a construção civil ou para qualquer outro fim.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral da presente pesquisa foi a análise quantitativa da produção de tesouras treliçadas metálicas, visando a porcentagem de peso de material perdido em produção em comparação com o peso de projeto, ou seja, o peso do material descrito no resumo de aço do projeto, sem considerações de perdas.

As visitas e acompanhamentos da produção das estruturas permitiram conhecer melhor os processos de fabricação envolvidos nessa produção e também os materiais e equipamentos desta.

Acompanhando a produção e analisando os resultados percebeu-se que esta perda de material é muito relativa e depende diretamente do comprometimento dos funcionários para com o rendimento dos materiais da empresa, ou seja, existem muitos pedaços que poderiam ser descartados devido ao seu comprimento ser menor do que os menores pedaços necessários na estrutura, mesmo assim, o funcionário responsável pela execução da estrutura fez com que todos seus subordinados juntassem os pedaços menores e os emendasse com solda, fazendo assim com que seu comprimento final fosse compatível com o comprimento das peças necessárias, gerando uma maior economia e aproveitamento do material.

Através dos acompanhamentos, pode-se afirmar que as perdas dos perfis na produção dessa estrutura em questão, do tipo tesoura treliçada metálica, está diretamente vinculado a função que este desempenha na estrutura, ou seja, o perfil “L” tem maior porcentagem de perda por desempenhar, nesta estrutura, a função de diagonal e montante, que por sua vez tem comprimentos relativamente pequenos se comparados aos banzos, que são representados pelo perfil “U”, deste modo, se hipoteticamente usássemos perfil “U” para as funções de diagonal e montante, o que usualmente também é utilizado na indústria metalúrgica, este teria uma porcentagem de perda muito próxima da perda de perfil “L” registrada nesse estudo.

Sendo assim, conclui-se que a pesquisa atingiu suas metas iniciais, definiu com clareza os métodos utilizados na produção e seus equipamentos, suas porcentagens de perdas para cada perfil específico e cada obra específica, finalizando com a média entre elas, explanou-se também os procedimentos para com os restos inutilizados e qual seu destino final, atingindo e cumprindo assim todos os objetivos específicos da pesquisa.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O setor da construção civil evoluiu muito nos últimos anos, porém, ainda são necessárias melhorias consistentes nos diversos processos construtivos para combater os desperdícios, prevenir as irregularidades e aprimorar as execuções.

Para que essas melhorias se tornem realidade, o desenvolvimento de estudos relacionados à construção civil também deve ocorrer. Nesse sentido, novas questões precisam ser abordadas e sugere-se a realização de trabalhos voltados para:

- Desenvolver um estudo para a definição da perda em pó da produção de estruturas metálicas e qual os riscos dessa poeira para a saúde dos envolvidos;
- Desenvolver um estudo para melhor aproveitamento principalmente dos perfis “L”, que tem o valor mais elevado dentre os dois estudados;
- Desenvolver um estudo para melhor reaproveitamento dos restos de produção de estruturas metálicas, que seus restos tenham outra alternativa de destino;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÂNGULO, S. C.; ZORDAN, S. E. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. 2010. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – PCC – Departamento Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.pedrasul.com.br/artigos/sustentabilidade.pdf>> Acesso em: 27.mar.2016

AVILA, A. V. *et al.* **Orçamento de Obras**. 2003. Disponível em: <<http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5307-%20Or%C3%A7amento.pdf>>. Acesso em: 07.mai.2016

DIAS, L. A. M. **Estruturas de aço**. São Paulo: Zigate, 1997.

FORMOSO, C. T. *et al.* **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. s/d. Disponível em: <<http://www.pedrasul.com.br/artigos/perdas.pdf>> Acesso em: 25.fev.2016

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção brasileira**. São Paulo: Pini, 1954.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Noções de orçamento e planejamento de obras**. 2008. Ciências Exatas e Tecnológicas - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo.

HAGEMANN, S. E. **Apostila de materiais de construção básicos**. Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, 2011. Disponível em: <http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/pdf/apostila_mcb.pdf> Acesso em: 02.jun.2016

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 1997

LUCCHINI, J. R. **Processos de fabricação e montagem de estruturas metálicas na construção civil**. 2009. TCC (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Anhembimorumbi, São Paulo, São Paulo. Disponível em : <<http://iseibfacige.com.br/biblioteca/wp-content/uploads/2013/05/Estrutura-metalica-processo-de-fabrica%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 25.mar.2016

MAÇAHICO, T. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Pini, 2006.

NAGAHAMA, K. J. **Introdução e conceitos iniciais de estruturas metálicas**. s/d. Departamento de Tecnologia – Universidade Estadual de Feira de Santana.

RIO DE JANEIRO. Instituto Brasileiro de Siderurgia. Centro Brasileiro da Construção em Aço. **Transporte e Montagem**. 2005. Disponível em: <http://www.skylightestruturas.com.br/downloads/CBCA_transporte_montagem.pdf> Acesso em: 04.abr.2016

SÃO PAULO. Sindicato da Indústria da Construção Civil. **Emprego no Setor da Construção**. 2016. Disponível em <http://www.sindusconsp.com.br/wp-content/themes/sinduscon/templates/indices-economicos-registros.php?last_id=321&series%5B%5D=3363&locais%5B%5D=Total%20dos%20estados&locais%5B%5D=> Acesso em: 08.mai.2016

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros**. São Paulo: Pini, 2005.