

DESENVOLVIMENTO DE PROJETO EXECUTIVO PARA UMA GRADE APLICADA EM PEQUENAS CENTRAIS HIDROELÉTRICAS

Anderson Rossoni; Elizeo Pires; Mauro Mariano; Ronaldo Ramos Pulga¹
Anderson Baldissera; Marcelo Tresseno da Luz; Marcellus Tiburcio Fontenelle²

RESUMO

Os elevados custos e tempos destinados a execução de um projeto demonstram como é necessário a utilização de uma metodologia para o desenvolvimento de um projeto. Dentro deste contexto, as grades de adução de hidroelétricas estão expostas a condições extremas, pois existe uma vazão a qual pode gerar uma vibração nas mesmas e além disto, estas estão expostas a ação de detritos que colidem e se acumulam a sua montante, proporcionando um grande carregamento. Diante disso, buscou-se o desenvolvimento de um projeto baseado nas etapas conceituais para auxiliar na minimização de problemas no decorrer do desenvolvimento do projeto bem como, em problemas futuros. Para esta finalidade foram realizadas as etapas de elaboração de lista de requisitos, concepção e anteprojeto. Estas utilizaram ferramentas como o *Quality Function Deployment* (QFD), a elaboração de estrutura morfológica, bem como a utilização de normas de referência para o cálculo e a definição dos elementos da grade.

Palavras-chave: QFD. Grades. Anteprojeto.

1 INTRODUÇÃO

Na atuação de um engenheiro a solução de problemas técnicos é um dos principais objetivos. Estes problemas muitas vezes são simples e outras vezes complexos, tendo que resolvê-los. Para isso, utilizam-se de diversas fórmulas, tabelas, procedimentos metodológicos e *software*.

Dentro deste contexto, é de grande importância o desenvolvimentos de novos produtos, bem como o aperfeiçoamento de produtos já disponíveis no mercado, desta forma torna-se necessário um procedimento para se obter boas soluções as quais podem ser otimizáveis e verificáveis. Segundo Pahl (2005) um procedimento só é aplicável quando é realizada a relação entre conhecimento especializado aplicado ao projeto aliado ao trabalho sistemático e com uma metodologia de trabalho auxiliada por medidas organizacionais.

Devido as grades para usinas hidroelétricas se tratarem de um produto existente no mercado, tem-se que prestar uma elevada atenção em qual procedimento de projeto deve-se utilizar, pois o mesmo deve atender todas as requisições técnicas impostas por base na solicitação do cliente bem como, de normas vigentes.

¹ Acadêmicos de Engenharia Mecânica da UCEFF: pelizeo@yahoo.com.br; mauro.xxe@outlook.com; ronaldopulga@hotmail.com.

² Docentes da UCEFF. E-mail: anderson.baldissera@hotmail.com.

O presente trabalho baseia-se nas propostas de desenvolvimento das seguintes tarefas: esclarecimento da tarefa, concepção e anteprojeto. Esta metodologia é detalhada por Pahl (2005), segundo o autor o esclarecimento da tarefa é de grande valia no desenvolvimento de um projeto, pois partir dele pode-se verificar disposições sobre o produto, funcionalidades, dados a respeito de performance além de informações referentes a prazos e valores. Esta etapa pode ser auxiliada por uma ferramenta denominada *Quality Function Deployment (QFD)* que consiste em uma metodologia de planejamento e controle de qualidade, sendo muito útil pois a partir desta é possível converter requisitos do cliente em características do produto.

Na etapa de concepção, a partir do isolamento dos problemas principais e elaboração da estrutura de funções é iniciado a buscado do princípio de funcionamento apropriado. Já o anteprojeto é uma etapa onde baseado na estrutura de funções constrói-se uma ideia clara e completa do produto, isto baseando-se em referências de cálculos e com a utilização de ferramentas que gerarem esboços e desenhos detalhados dos elementos fundamentais bem como, dos elementos auxiliares, assim tem-se a definição da configuração da solução.

A união destas etapas apresenta o projeto básico detalhado de uma grade para utilização em uma usina hidroelétrica com todo um embasamento para minimização dos problemas de projeto. Assim, o presente estudo tem por objetivo desenvolver as etapas descritas acima e aplica-las a situação imposta de uma grade para usina hidroelétrica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LISTA DE REQUISITOS

Em uma empresa é muito comum que as áreas de desenvolvimento e projeto recebam suas tarefas de outros setores, estas geralmente podem ser repassadas como uma proposta de um produto, um pedido de um cliente, ou até mesmo por sugestão baseada em propostas de aperfeiçoamento, críticas, testes de algum setor ou do próprio setor de projetos. As informações repassadas ao setor de projetos referem-se a funcionalidade do produto, características, performance além de custos e prazos. A partir destas informações o setor de projeto passa a ter um problema a gerenciar, para isso é necessário documentar e quantificar tais informações, assim surge a lista de requisitos (BAXTER, 2003).

Para Roth (1975 apud PAHL, 2005), no processo de determinação da lista de requisitos deve-se deixar claro as necessidades e vontades essenciais ao projeto, sendo que as necessidades devem ser atendidas a qualquer custo, enquanto as vontades devem ser consideradas na medida

que possam ser adequadas ou não. De posse disto, pode-se qualificar e quantificar as listas de necessidades e vontades.

A lista de requisitos de modo geral, é elaborada pelo projetista ou gerente de desenvolvimento de forma que todos os demais setores participantes do projeto possam ter o conhecimento da mesma. Em vista disso, a lista deverá conter alguns itens obrigatórios, tais como, o departamento que a desenvolveu, o responsável pelo seu desenvolvimento, a denominação do projeto, os requisitos classificados em necessidades e vontades, a data da elaboração, a data da última revisão, o número de edição como identificação e o número de páginas (PAHL, 2005).

De forma resumida Pahl (2005) afirma que para a elaboração da lista de requisitos pode-se colecionar requisitos, definindo-se e documentando todos os requisitos óbvios, quantificando e qualificando os requisitos, verificando o ciclo de vida do produto e determinando os requisitos resultantes, praticando a aquisição de informações adicionais, destacando claramente as vontades e necessidades e determinando o grau de importância das mesmas, ordenando requisitos de forma clara, elaborando a lista de requisitos de forma impressa e repassando aos setores envolvidos, examinando as objeções e suplementações e incorporando a lista existente.

2.2 QUALITY FUNCTION DEPLOY

A metodologia *Quality Function Deployment* (QFD) na visão de Pahl (2005), é uma ferramenta para o planejamento da qualidade. A partir desta ferramenta os requisitos do cliente são devidamente convertidos em características do produto. Devido ao seu formato construtivo a metodologia QFD também é conhecida como Casa de Qualidade. No telhado da casa são identificados os conflitos dos requisitos, já no quadro central é gerado a relação entre os requisitos do projeto e os requisitos do cliente.

A utilização desta ferramenta apresenta certas vantagens no desenvolvimento do projeto, dentre as quais pode-se citar, a melhoria da lista de requisitos devido a melhor formulação das vontades dos clientes, a identificação das funções críticas, bem como a definição das exigências técnicas críticas ou dos componentes críticos (BAXTER, 2003).

2.3 DEFINIÇÃO PRELIMINAR DE UMA SOLUÇÃO

Após o desenvolvimento da lista de requisitos e o esclarecimento do problema, tem-se a etapa de concepção do projeto. Esta etapa é baseada na definição preliminar de uma solução, para isso deve ser realizado a identificação dos problemas (PAHL, 2005).

2.3.1 Identificação dos Problemas

Para o desenvolvimento de projetos existem conceitos e pré-conceitos, porém para o desenvolvimento de uma ideia nova não se pode deixar levar por estes conceitos é preciso verificar se existem novos caminhos passíveis de implementação, para tanto utiliza-se uma ferramenta chamada abstração. Esta consiste em conhecer o geral do equipamento em estudo para analisar as diversas alternativas (PAHL, 2005).

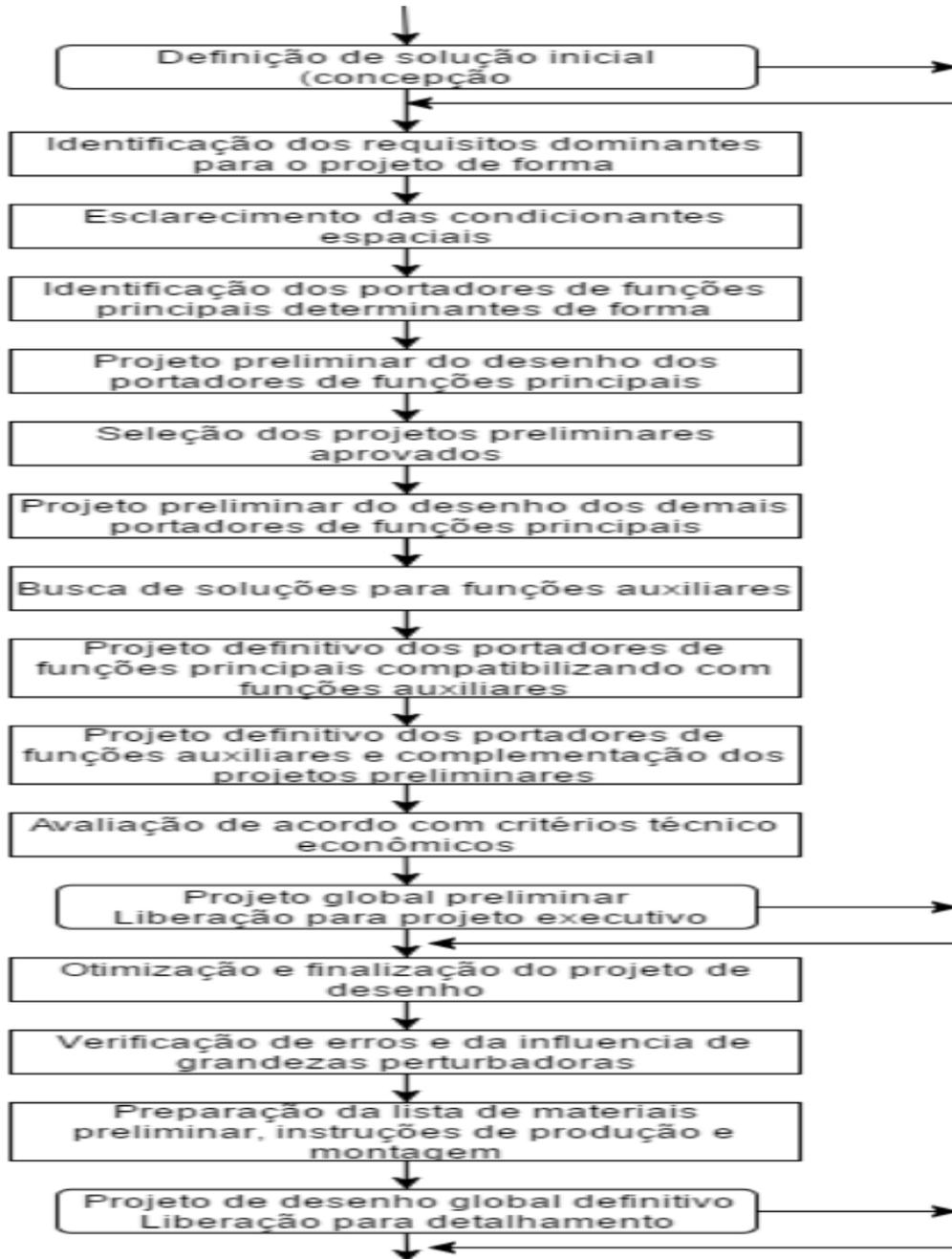
Com o problema devidamente identificado a próxima etapa é o desenvolvimento do conceito, e para isso se faz indispensável ao menos de forma aproximada afirmações com relação ao princípio de funcionamento, como por exemplo, dimensões e vida útil. Estas informações podem ser obtidas seguindo os métodos de cálculos aproximados, estudos através de arranjos e esboços, ensaios e testes em modelos em escala, construção de modelos transparentes para analisar a dinâmica do equipamento, analogias com a utilização de software e emuladores e uma pesquisa bibliográfica e em acervo de patentes. De posse destas novas informações é formada a estrutura de funcionamento do equipamento em estudo. Esta por sua vez, traz critérios técnicos e econômicos de forma explícita para que possam ser avaliados com maior confiabilidade (BAXTER, 2003).

2.4 ANTEPROJETO

Com a definição preliminar do problema pode-se seguir para a próxima fase o anteprojeto, esta fase tem por característica a definição básica da solução. Com base na configuração existente da concepção esse é o momento oportuno para a seleção de materiais, processo de manufatura, definição de dimensões, o exame da compatibilidade espacial e ainda a complementação das conseqüentes funções auxiliares por meio de subsoluções (PAHL, 2005).

As etapas do anteprojeto possuem um grande número de fases corretivas, nas quais o processo de análise e conclusões vão se complementando. Desta forma esta etapa se destaca na busca de falhas e otimização do produto. (PAHL, 2005). A Figura 1 as etapas a serem executadas no anteprojeto.

Figura 1 - Etapas de trabalho do anteprojeto



Fonte: PAHL (2005).

Assim, pode-se dizer que o anteprojeto é um procedimento flexível com muitas etapas de repetição onde mudanças no planejamento são normais e necessárias. De acordo com a situação cada etapa precisa ser ajustada considerando as relações citadas. A capacidade de organizar o procedimento nesta etapa desempenha um papel de suma importância (PAHL, 2005).

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho foi baseado em uma grade para a instalação em uma pequena central hidroelétrica. A fim de não utilizar o nome do empreendimento, foi criado um nome e um logo fictício. O desenvolvimento das atividades seguiu a cronologia exposta no fluxograma da Figura 2. Este é composto por três etapas, a primeira etapa, ou etapa principal, engloba todas as atividades envolvidas no anteprojeto. (GIL, 2014).

Figura 2 - Fluxograma de Atividades



Fonte: Dados pesquisa (2017).

A segunda etapa no desenvolvimento foi a elaboração da lista de requisitos, esta por sua vez teve embasamento em uma especificação técnica, a qual descreve todas as informações referentes a este projeto.

O próximo procedimento foi a elaboração do QFD, para desta forma pode-se inter-relacionar os requisitos de projeto com os requisitos do cliente. De posse destas informações foi possível gerar a estrutura de funções, que é a base para o desenvolvimento da estrutura morfológica.

A partir da matriz morfológica foi desenvolvido o método de avaliação, baseado na metodologia do passa e não passa. Com isto foi possível determinar as soluções mais adequadas para cada problema. De posse destas informações referentes as soluções propostas, foi possível esclarecer as condicionantes especiais, as quais estavam fundamentadas na especificação técnica e na lista de requisitos. Com base nestas informações foi elaborado os esboços grosseiros embasados nas soluções já selecionadas. Estes esboços foram submetidos a avaliações de acordo com a lista de requisitos.

Com base nesta avaliação a solução mais adequada passou a uma nova etapa, a de modelagem dos elementos principais e posteriormente dos elementos auxiliares. Após o desenvolvimento do modelamento, e a determinação dos materiais para a grade, foi desenvolvido o memorial de cálculo para gerar as verificações da solução imposta. A partir das verificações positivas foi desenvolvido o detalhamento dos elementos e a geração da lista de materiais preliminar.

De posse destas informações foi desenvolvido a proposta comercial, separando a de projeto e a de fabricação da grade. Com o cumprimento destas etapas foi possível definir como um todo o projeto executivo para uma grade.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

O desenvolvimento deste projeto teve início com a elaboração da lista de requisitos. Neste estudo a lista foi baseada em uma especificação técnica, a qual apresenta informações técnicas e construtivas referentes ao projeto de uma grade. Com base nesta especificação técnica, retirou-se as informações básicas para o desenvolvimento da lista de requisitos. A Tabela 1 na coluna da direita expressa os requisitos explícitos apresentados no documento.

Tabela 1 - Requisitos do Cliente e do Projeto

<i>Descrição dos Requisitos</i>	<i>Hierarquia</i>	<i>Descrição dos Requisitos</i>	<i>Hierarquia</i>
Atender as normas vigentes	1	Atender as normas vigentes	1
Atender a carga de Projeto	2	Peso leve	2
Inclinação com a vertical	3	Estudo de projeto	3
Espaçamento entre a barra chata	4	Execução de memoriais de cálculo	4
Frequência das barras	5	Execução de modelagem e detalhamento	5
Pintura de proteção	6	Execução de planos	6
Memorial de cálculo e manuais	7	Execução de ETC	7
Planos de inspeção e testes	8	Aprovação de documentação	8
Sistema de Içamento	9	Execução de protocolos	9
Atestado de responsabilidade técnica	10	Geometria do equipamento	10
Montagem em campo	11	Cronograma	11
Logística de transporte	12	Custos de fabricação	12
Data Book	13	Recursos de fabricação	13
Relatório mensal	14	Procedimentos internos	14
Prazo de execução	15	Logística interna	15
		Dimensões de fabricação	16
		Corpo técnico	17

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Baseando-se no equipamento em estudo e nas condições necessárias para o desenvolvimento de uma grade para PCH, pode-se desenvolver os requisitos de projeto. Para o desenvolvimento destes foram levadas em consideração necessidades técnicas, de normas, financeiras e dimensionas. A tabela 1 na coluna da esquerda nos traz os requisitos do projeto.

Com base na Tabela 1, pode-se hierarquizar os requisitos, tanto do cliente quanto os de projeto, esta hierarquia baseou-se na importância de cada item para o projeto. Este procedimento facilita o desenvolvimento das etapas seguintes.

De posse destas informações fez-se o relacionamento dos requisitos do cliente *versus* os requisitos do projeto. Para este procedimento foi utilizada uma ferramenta QFD, a partir desta além do relacionamento entre tarefas, pode-se também qualificar esta relação entre todos os requisitos de projeto e requisitos do cliente em relação forte, alguma relação, possível relação ou nenhuma relação. A Figura 3 apresenta o QFD desenvolvido.

Foram realizadas três etapas para o desenvolvimento da estrutura de funções. A primeira consistiu em esclarecer os problemas existentes e subdividi-los em forma de linhas, a segunda etapa foi a descrição da função parcial e elementar deste problema e sua descrição. Desta forma o problema foi subdividido, ficando mais objetivo e claro. A terceira etapa baseou-se na elaboração da estrutura de função que nada mais é do que descreve as duas etapas anteriores. A Tabela 2 apresenta um dos principais itens da estrutura de função.

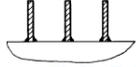
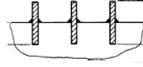
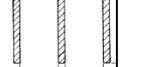
Tabela 2 - Estrutura de Função

Função Geral	Função Parcial	Função Elementar	Descrição
Atender Normas Vigentes	Norma NBR 7880	Grade de tomada d'água para instalação.	Dimensionamento.
	Norma NBR 11213	Hidráulica Grade de tomada d'água para instalação hidráulica.	Procedimentos de Execução (fabricação).

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Como se buscam diversas soluções para as funções descritas é interessante criar um método organizacional para tal. Para a situação em estudo foi selecionado um esquema classificador baseado nas funções, a Tabela 3 apresenta o método organizacional para a estrutura de função apresentada na Tabela 2.

Tabela 3 - Estrutura Morfológica

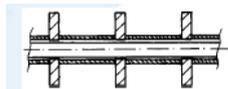
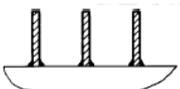
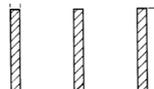
Função Geral	Função Parcial I	Função Elementar	Descrição	I	II	III	IV	Ref.
Atender Normas Vigentes	Norma NBR 7880	Grade de tomada d'água para instalação.	Procedimentos de Execução (fabricação)	Grade fixa, com sistema de tirante para desmontagem.	Grade móvel	Sapatas fixas	Peça fixa	I
	Norma NBR 11213	Hidráulica Grade de tomada d'água para instalação hidráulica	Dimensionamento Vigas horizontal Barra vertical	 Semi articulada	 Semi Engastada	 Engastada	 Somente apoiada	II

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Para se obter esta estrutura morfológica primeiramente foi definido os princípios de funcionamento adequados, estes foram numerados para melhor organização. Para a avaliação das propostas de solução foi desenvolvido um método de classificação, onde foram citados todos os princípios básicos de funcionamento e estes foram classificados de acordo com seu

grau de utilidade para o proposto do projeto. A tabela 4 nos traz um item da classificação dos requisitos.

Tabela 4 - Classificação dos Requisitos

I	II	III	IV	a	b	c	d
 Semi articulada	 Semi Engastada	 Engastada	 Somente apoiada	2	4	1	3

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

De posse da classificação dos requisitos foi realizado um método de seleção para verificar melhores opções, este método baseou-se em uma matriz passa e não passa conforme ilustra a Figura 4. A partir desta matriz foi possível verificar incertezas e pontos fracos dos itens analisados, e com base nestes pode-se verificar qual das soluções foi mais apropriada.

Figura 4 - Matriz Passa e Não Passa

Requisitos do Ciente	a	b	c	d
Norma de Dimensionamento	P	P	P	P
Tipo de Grade	P	P	P	P
Carga de Projeto	NP	P	NP	P
Número de Painéis	P	P	NP	NP
Inclinação com a vertical	P	P	P	NP
Espaçamento entre barras verticais	P	NP	P	NP
Frequência das barras e turbilhonamento	P	P	NP	P
Pintura de proteção	P	P	P	P
Memorial de Cálculo	P	P	P	P
Manuais de Montagem e Manutenção	P	P	P	P
Manuais de Operação e Comissionamento	P	P	P	P
Plano de Inspeção e Testes	NP	P	P	P
Sistema de Içamento e Movimento	P	P	NP	NP
ART (Anotação de Responsabilidade Técnica)	P	P	P	P
Montagem em Campo	P	P	P	NP
Logística de Transporte e Embalagem	P	NP	P	P
Data Book de Fabricação	P	P	P	NP
Relatório Mensal	P	P	P	P
Prazo de Execução	P	P	NP	P
∑ Somatória:	17	16	12	11

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Com base nas informações levantadas para concepção do projeto, pode-se desenvolver um princípio de solução baseando-se em conceitos metodológicos que minimizam a possibilidade de erros, do ponto de vista de características tal como técnicos, para continuidade do projeto.

Com estas definições nesta etapa foi definido as matérias e dimensionado os elementos de acordo com as necessidades do cliente. Baseado nas especificações técnicas, o material empregado foi o ASTM A 36, e a base de cálculo, conforme citado na matriz morfológica foi a norma ABNT NBR 11213 com estas informações pode-se realizar todas as verificações do ponto de vista estrutural e funcional da grade.

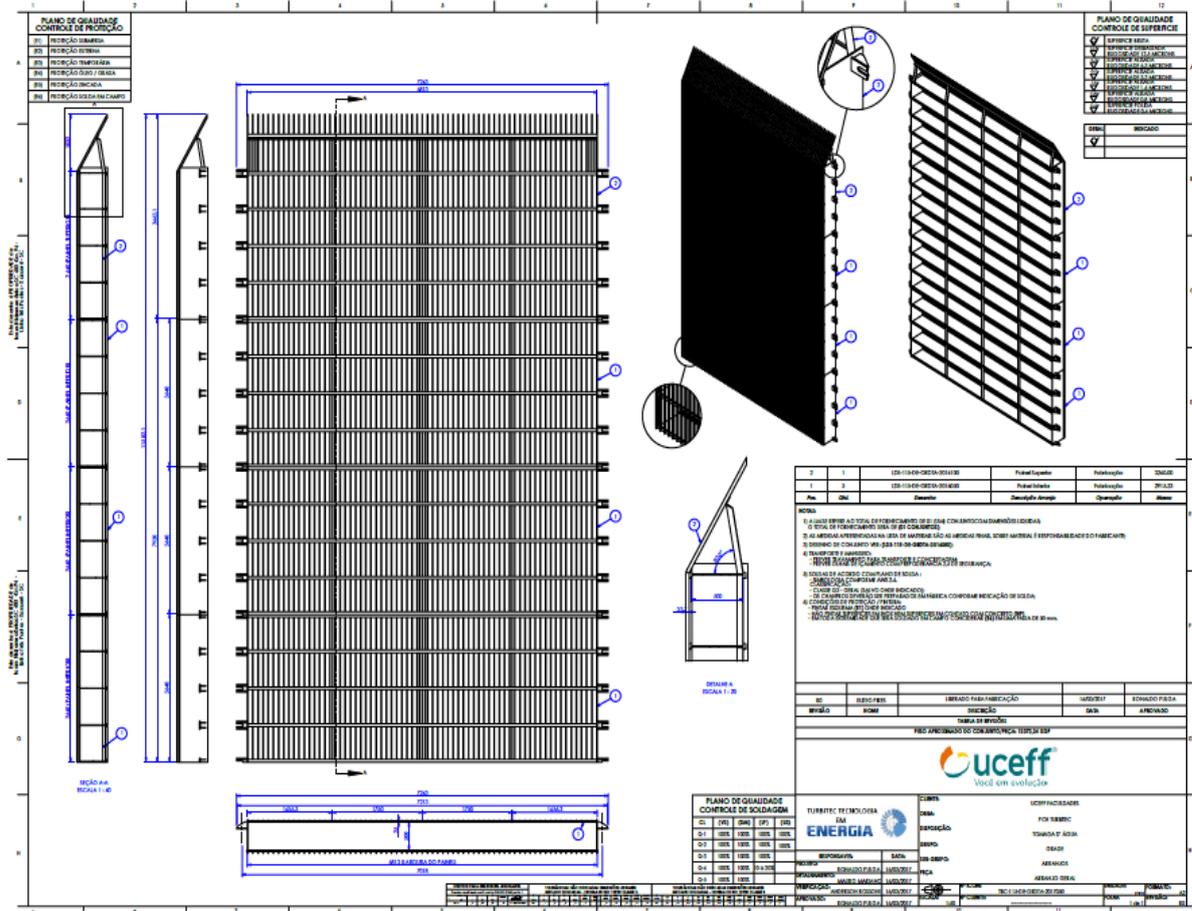
Para estas verificações seguiu-se o procedimento baseado em norma, a qual estipula um carregamento mínimo quando não especificado de 30 KPa. Com base nisto, pode-se observar que as tensões máximas para as barras chatas foram de 85,538 MPa, sendo que a máxima tensão admissível é de 164,15 MPa pode-se afirmar que as barras chatas atendem os requisitos exigidos. As vigas principais apresentaram uma máxima tensão de 155,00 MPa, onde a máxima tensão admissível é de 164,15 MPa, da mesma forma pode-se afirmar que estas vigas estão adequadas para as solicitações impostas.

Outra consideração a ser feita foi a condição de impacto de corpo estranho, a norma ABNT NBR 11213 estipula que seja levado em conta um corpo de impacto com massa de 1000 Kg em uma área de 500 mm e com um tempo de desaceleração de 0,1 s, com estas informações pode-se definir novos casos de carregamento e estes por sua vez apresentaram novos resultados. Para as barras chatas pode-se observar uma máxima tensão de 168,2 MPa em quanto a tensão admissível é de 187,5 MPa, sendo assim o mesmo atende aos requisitos, já as vigas quando impostas a este carregamento apresentam uma máxima tensão de 185,3 MPa, quando a tensão admissível é de 187,5 MPa, sendo assim as mesmas atendem os carregamentos impostos.

Um ponto importante a ser considerado segundo a ABNT NBR 11213 é a flecha para o caso de carregamento de 30 KPa, no qual pode ser definido para esta situação uma máxima flecha de 13,624 mm, e segundo os cálculos elaborados a máxima encontrada foi de 11,01 mm, sendo assim está abaixo da flecha admissível e pode-se considerar assim que todos os requisitos foram atendidos.

Outro ponto de análise levantado na ABNT NBR 11213 foi a relação frequência natural *versus* frequência de turbilionamento, esta deve ter um valor superior a 1,5, neste estudo obteve-se um valor de 2,488 para esta relação desta forma, pode-se afirmar que foi atendido este requisito. Com base em todas as informações levantadas a próxima etapa consistiu em realizar o detalhamento do anteprojeto, para isso foi utilizado uma plataforma de desenho para auxílio, a Figura 8 apresenta o detalhamento do arranjo da grade.

Figura 8 - Detalhamento do Arranjo da Grade



Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Com o auxílio do mesmo programa de desenho pode-se também realizar a confecção da lista de materiais preliminar, a Tabela 5 nos traz alguns itens desta tabela.

Tabela 5 - Lista Preliminar de Materiais

POS.	QTD.	Descrição	Material	Operação	Massa
1	69	Barra Chata #12,70 x 32,70 x 1192	ASTM A36 Aço	Oxicorte	3,75
2	207	Barra Chata #12,70 x 32,70 x 2640	ASTM A36 Aço	Oxicorte	8,61

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

De posse da solução determinada e quantificada, a próxima etapa foi o desenvolvimento das propostas comerciais, estas foram divididas em duas etapas. A primeira trata da proposta comercial de projeto, já a segunda etapa trata da proposta comercial de fabricação.

Para o desenvolvimento da proposta comercial de projeto utilizou-se um método baseado no levantamento de tempos para a elaboração da atividade. Os honorários referentes a

cada profissional envolvido neste projeto foi baseado na tabela do IBAPE. A tabela 6 nos traz o levantamento de tempos para o desenvolvimento de cada atividade.

Tabela 6 - Levantamento de Tempos

Profissio nal	Definiç ão	Dimensionam ento	Modelame nto	Detalhame nto	Revisão Geral	Documenta ção	Total Horas
Engenhei ro	12:43:1 2	16:57:36	0:00:00	0:00:00	4:14:24	16:57:36	50:52:48
Projetista	0:00:00	0:00:00	16:57:36	0:00:00	4:14:24	0:00:00	21:12:00
Detalhista	0:00:00	0:00:00	0:00:00	16:57:36	4:14:24	0:00:00	21:12:00

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Com base nestes tempos levantados e levando-se em conta a referência do valor de cada profissional envolvido chegou-se a um valor de proposta para este projeto de R\$ 24.040,80. O levantamento da proposta comercial de fabricação foi baseado na lista de materiais, além do levantamento dos tempos de trabalho, custo de consumíveis e de estrutura. A partir disto obteve-se um custo gerado pelos consumíveis de R\$ 6.047,48, um custo operacional de R\$ 22.428,00, um custo referente a matéria prima de R\$ 56.144,60 e um custo referente a mão de obra de R\$ 34.041,00, totalizando o valor de R\$ 118.661,08, considerando uma margem de lucro obteve-se valor final da proposta de R\$ 142.393,29.

Após o a definição da solução e com base em todas as informações levantadas desenvolvemos os manuais, estes foram divididos em dois. O primeiro se trata do manual de montagem e comissionamento, este traz informações de grande importância para realização do procedimento de montagem, tais como nome de peças, forma de montagem, cotas de nível e dimensões a serem controladas, bem como informações necessárias para realizar-se o comissionamento da grade, todas essas informações foram coletadas nas normas de referência.

O segundo nos traz todas as informações referentes a operação e manutenção desta grade, tais como cuidados na operação análises periódicas a serem realizadas e manutenções previstas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração de um projeto de grade para a utilização em usinas hidrelétricas com o objetivo de conter detritos prejudiciais ao circuito adutor e turbina hidráulica, trouxe grandes questionamentos, e com base em um procedimento de análise se pode contorna-los de forma adequada.

Para o esclarecimento e definição da tarefa, baseou-se no desenvolvimento do QFD, as informações necessárias para o seu desenvolvimento foram repassadas por um cliente através de uma especificação técnica, e a partir destas foi realizada a inter-relação entre requisitos do cliente e requisitos do projeto, isso permitiu converter os requisitos do cliente em características de projeto.

Baseado nisto se pode desenvolver princípios de solução em forma de estrutura de funções e avalia-los através de uma matriz passa não passa. Com isso pode-se selecionar as melhores soluções que atendiam tanto os requisitos de projeto, quanto os requisitos do cliente.

A partir destas informações se desenvolveu o anteprojeto, com base no desenvolvimento de cálculos para seleção e definição do projeto, pode-se realizar o detalhamento dos elementos de função principal e função auxiliar, contudo pode-se obter as propostas comerciais para o projeto e para a fabricação deste equipamento, de modo que ao final se obteve o projeto executivo detalhado. Em vista dos argumentos apresentados conclui-se que a utilização de uma metodologia adequada traz uma maior confiabilidade no desenvolvimento de um projeto pois a partir dela tem-se as etapas de verificação, avaliação e decisão.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 7880**. Grade de tomada d'água para instalação hidráulica - Terminologia. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 11213**. Grade de tomada d'água para instalação hidráulica - Cálculo. Rio de Janeiro, 2001.

BEER, Ferdinand Pierre; JOHNSTON JÚNIOR, E. Russell. **Resistência dos materiais**. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1996.

BAXTER, M. **Projeto de produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2. reimp. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

KRAMER, F.; Kramer, M.: **Bausteine der Unternehmensführung**. 2ª edição. Berlin, Heidelberg, Nova York: Springer, 1997.

PAHL, Gerhard et al. **Projeto na engenharia**: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos métodos e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 412 p.

ROTH, K.; Birkhofer, H.; Ersoy, M.; **Methodisches Konstruieren neuer Sicherheitsschlösser**. VDI-Z. 117, (1975) 613-618.