

MARCIO LIBERATI COIMBRA

**OTIMIZAÇÃO DE ÍNDICES PARA ORÇAMENTO DE INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS INDUSTRIAIS E RESIDENCIAIS**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Engenharia.

São Paulo
2006

OK/1

MARCIO LIBERATI COIMBRA

**OTIMIZAÇÃO DE ÍNDICES PARA ORÇAMENTO DE INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS INDUSTRIAIS E RESIDENCIAIS**

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração:
Sistemas de Potência

Orientador:
Prof. Dr. Eduardo Mário Dias

São Paulo
2006

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 04 de ... de ... de 2006

Assinatura do autor

Marcio C.

Assinatura do orientador



FICHA CATALOGRÁFICA

Coimbra, Marcio Liberati

Otimização de índices para orçamento de instalações elétricas industriais e residenciais / M.L. Coimbra. -- São Paulo, 2006. 121 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

1.Instalações elétricas 2.Instalações prediais elétricas (Orçamentos) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II.t.

Aos meus pais, Marcio e Sueli, e irmãos Hugo e Lais, que, com muitos anos de sacrifícios e dedicação, me apoiaram em todos os momentos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Mário Dias pela confiança, incentivo e sábios conselhos na orientação deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Geraldo Francisco Burani, pela confiança, atenção e apoio durante o processo de definição e orientação.

Aos Professores Doutores Alexandre Piantini, Arnaldo G. Kanashiro e Hédio Tatizawa pela confiança, apoio e incentivo no início do programa.

A Luzia do Carmo Namiki, pela dedicação, apoio e incentivo.

Aos amigos do IEE-USP, instituição de alto nível e reconhecimento.

À Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

A todos que, de forma direta ou indireta, foram importantes para que esse trabalho fosse realizado.

RESUMO

Os mercados de construção civil e montagem eletromecânica brasileiro vêm ganhando força com a instalação e ampliação de diversos parques industriais no país.

O restabelecimento dos investimentos na área faz com que as empresas especializadas e grandes empreiteiras voltem a investir no mercado industrial, porém, tamanho investimento e exigência dos clientes privados fazem com que as montadoras e empreiteiras estejam cada vez mais especializadas no planejamento e execução de seus serviços, aumentando assim, cada vez mais a competitividade entre as mesmas.

Entre as várias etapas do planejamento para execução de uma obra, na etapa de orçamento dos serviços, a melhor estimativa de um determinado serviço de Instalações Elétricas Industriais (IEI) é aquela que consegue representar com o maior grau de confiabilidade todos os requisitos necessários para a realização de uma determinada atividade.

O objetivo deste estudo foi definir uma metodologia para a determinação dos índices de produtividade mais adequados para o orçamento de instalações elétricas industriais e residenciais, resultando em maior segurança para a empreiteira na realização do serviço e informações mais seguras para planejamento e negociação.

ABSTRACT

The Brazilian market for civil construction and electromechanical assembly has been increasing with the creation and expansion of several industrial parks in the country.

The growth of investments in these areas is encouraging specialized and construction companies to focus again on the industrial market. Besides this, all the investments and requirements made by private companies have forced construction companies to develop more sophisticated planning and execution methods, leading to high competitiveness between them.

Regarding the budget, a realistic estimative of a certain Industrial Electrical Installation (IEI) usually represents, with more reliability, all the requirements needed to accomplish a particular activity.

The purpose of this assay is to define a methodology to determine the most adequate productivity factors as regards to residential and industrial electrical installations budget. Reliable information will help construction companies during the planning, negotiation and accomplishment phases.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	ORÇAMENTO DE OBRAS	4
2.1	Definição de orçamento.....	4
2.2	Produtividade da mão-de-obra.....	5
2.3	O Homem-hora (Hh)	6
2.4	Tendências da produtividade da mão-de-obra.....	6
2.5	Fatores que afetam a produtividade da mão-de-obra	7
2.6	Equipe ideal	12
2.7	A produtividade variável	15
2.8	Comparativo de índices de produtividade praticados fora do país.....	17
2.9	Definição e importância do “take-off”	18
2.10	Índices atuais para as instalações elétricas industriais.....	19
2.11	Orçamento de instalações elétricas.....	20
3	METODOLOGIA PROPOSTA	32
3.1	Metodologia de Desenvolvimento.....	32
3.2	Metodologia de Aplicação.....	33
3.3	Cabos de Potência.....	36
3.3.1	Comparação entre os diversos índices.....	36
3.3.2	Equação Característica	38
3.3.3	Levantamento / Estudo de interferências	45
3.3.4	Local de instalação (eletroduto, bandeja, canaleta).....	47

3.3.5	Altura de instalação	54
3.3.6	Comprimento do lançamento.....	56
3.3.7	Conclusões – Cabos de potência	58
3.4	Eletrodutos.....	60
3.4.1	Comparação entre os diversos índices.....	61
3.4.2	Equação característica	64
3.4.3	Complexidade da instalação	68
3.4.4	Altura de instalação	75
3.4.5	Local de instalação	76
3.4.6	Tipo de material.....	78
3.4.7	Conclusões – Eletrodutos	78
3.5	Iluminação	80
3.5.1	Comparação entre os diversos índices.....	80
3.5.2	Levantamento / Estudo de interferências	81
3.5.3	Iluminação – Conclusões.....	84
3.6	Transformadores de potência	85
3.6.1	Comparação entre os diversos índices.....	85
3.6.2	Equação característica	86
3.6.3	Levantamento / Estudo de interferências	91
3.6.4	Conclusões - Transformadores de potência.....	93
3.7	Quadros de força.....	94
3.7.1	Comparação entre os diversos índices.....	94
3.7.2	Equação Característica	95
3.7.3	Levantamento / Estudo de interferências	98
3.7.4	Conclusões – Quadros de força	100

3.8	Disjuntores para quadros de força	101
3.8.1	Comparação entre os diversos índices.....	101
3.8.2	Equação característica	103
3.8.3	Levantamento / Estudo de interferências	106
3.8.4	Conclusões – Disjuntores	106
4	AVALIAÇÃO COMPARATIVA	107
4.1	Comparativo TCPO	108
5	CONCLUSÕES	116
5.1	Continuidade do trabalho	117
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Exemplo de critério de medição de luminárias e projetores	22
Figura 2.2 – Exemplo de critério de medição de CCMs e painéis de distribuição.....	24
Figura 2.3 – Exemplo de composição de elétrica (adaptada de [1]).....	25
Figura 2.4 – Diagrama projeto-orçamento-execução	30
Figura 2.5 – Exemplo de caneta digitalizadora	30
Figura 2.6 – Novo diagrama projeto-orçamento-execução	31
Figura 3.1 – Diagrama da metodologia proposta	33
Figura 3.2 – Comparação dos índices de cabos de potência 0,6/1kV	37
Figura 3.3 – Curva média dos índices de cabos de potência 0,6/1kV	38
Figura 3.4 – Linha de tendência da curva média para cabos de potência 0,6/1kV.....	39
Figura 3.5 – Polinômio cabos de potência 0,6/1kV.....	39
Figura 3.6 – Curvas média, mínimo e máximo de índices de cabos de potência 0,6/1kV	40
Figura 3.7 – Polinômios e curvas média, mínima e máxima de cabos de potência 0,6/1kV ...	41
Figura 3.8 - Polinômios de cabos de potência 0,6/1kV	41
Figura 3.9 – Gráfico do tipo linhas.....	44
Figura 3.10 – Gráfico do tipo dispersão	45
Figura 3.11 – Relação entre X_1 e X_2 e a seção nominal dos cabos de potência	54
Figura 3.12 - Corte, curva, preparação de rosca em eletrodutos	61
Figura 3.13 – Comparação dos índices de eletrodutos de aço galvanizado	63
Figura 3.14 – Curva média de eletrodutos de aço galvanizado	64
Figura 3.15 - Curvas média, máximos e mínimos de eletrodutos de aço galvanizado.....	65
Figura 3.16 – Linhas de tendência para curvas média, máximos e mínimos de eletrodutos de aço galvanizado.....	66

Figura 3.17 – Linhas de tendência e equações características de eletrodutos de aço galvanizado.....	67
Figura 3.18 – Curva média dos índices comparados de eletrodutos de aço galvanizado.....	71
Figura 3.19 – Comparação da curva média dos índices e Page [14].....	72
Figura 3.20 – Ajuste da curva de Page [14]	74
Figura 3.21 – Hh eletroduto aço galvanizado com relação ao local de instalação (Adaptada de [14])	77
Figura 3.22 – Índice de Hh de eletrodutos - diversos materiais (Adaptada de [14]).....	78
Figura 3.23 – Comparação de índices para instalação de luminárias.....	81
Figura 3.24 – Comparação dos índices de transformadores de potência.....	86
Figura 3.25 – Curva média dos índices de transformadores de potência	87
Figura 3.26 – Curvas média, máximos e mínimos de transformadores de potência.....	88
Figura 3.27 – Linhas de tendência para curvas média, máximos e mínimos de transformadores de potência.....	89
Figura 3.28 – Linhas de tendência e equações características de transformadores de potência.....	90
Figura 3.29 – Comparação dos índices de quadros de força	94
Figura 3.30 – Curva média dos índices de quadros de força.....	95
Figura 3.31 – Curvas média, máximos e mínimos de quadros de força.....	96
Figura 3.32 – Linhas de tendência para curvas média, máximos e mínimos de quadros de força.....	97
Figura 3.33 – Linhas de tendência e equações características para quadros de força	97
Figura 3.34 – Comparação de índices Hh para disjuntores termomagnéticos.....	102
Figura 3.35 - Comparação índices de Hh médios para disjuntores termomagnéticos.....	104
Figura 4.1 – Planilha de quantidades e custos – Cabos de potência.....	108

Figura 4.2 – Composição de lançamento de cabos de potência 16mm ² unipolar 0,6/1,0kV em eletrodutos	109
Figura 4.3 – Composições de custo TCPO – Cabos de 16 a 35mm ²	110
Figura 4.4 – Composições de custo TCPO – Cabos de 50 a 120mm ²	111
Figura 4.5 - Planilha de quantidades e custos - TCPO	112
Figura 4.6 – Composição de lançamento de cabos de potência 16mm ² unipolar 0,6/1,0kV em eletrodutos – Metodologia proposta	112
Figura 4.7 – Composições de custo - Metodologia proposta – Cabos de 16 a 35mm ²	113
Figura 4.8 – Composições de custo Metodologia proposta – Cabos de 50 a 120mm ²	114
Figura 4.9 - Planilha de quantidades e custos - Metodologia proposta	114

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Exemplo de equipe de mecânica.....	13
Tabela 2.2 – Exemplo de equipe de tubulação	14
Tabela 2.3 – Exemplo de equipe de elétrica.....	14
Tabela 2.4 – Exemplo de equipe de instrumentação	14
Tabela 2.5 – Exemplo de equipe de elétrica com custos.....	15
Tabela 3.1 – Tabela de otimização dos índices	35
Tabela 3.2 – Faixa de índices de Hh de cabos de potência 0,6/1kV	42
Tabela 3.3 – Banco de dados BDC1	47
Tabela 3.4 – Banco de dados BDC1 com X_1 e X_2	48
Tabela 3.5 – Banco de dados BDC1 - Diversos cabos 1	51
Tabela 3.6 – Banco de dados BDC1 - Diversos cabos 2	52
Tabela 3.7 – Comparação X_1 e X_2 médios.....	52
Tabela 3.8 – Índices Hh cabos de potência para instalação a 3 metros de altura (adaptada de [14])	55
Tabela 3.9 – Índices Hh cabos de potência para instalação a 4,6 metros de altura (adaptada de [14])	55
Tabela 3.10 – Índices Hh cabos de potência para instalação a 6,1 metros de altura (adaptada de [14])	55
Tabela 3.11 – Índices Hh cabos de potência para instalação a 7,6 metros de altura (adaptada de [14])	56
Tabela 3.12 – Análise do comprimento de lançamento para instalação de cabos de potência.....	57
Tabela 3.13 – Tabela de otimização de índices para cabos de potência.....	59
Tabela 3.14 – Comparação dos índices de eletrodutos.....	62

Tabela 3.15 – Índices médios, máximos e mínimos de eletrodutos de aço galvanizado.....	67
Tabela 3.16 – Análise dos índices de Page [14]	69
Tabela 3.17 - Comparação dos índices de eletrodutos com análise de Page [14]	69
Tabela 3.18 - Comparação dos índices de eletrodutos com análise de Page [14]	73
Tabela 3.19 – Quantidade de	73
Tabela 3.20 - Índices Hh eletrodutos (Adaptada de [14])	76
Tabela 3.21 – Tabela de otimização de índices para eletrodutos	79
Tabela 3.22 – Índices de Homem-hora para instalação de luminárias (Adaptada de [14]).....	82
Tabela 3.23 – Variação do Homem-hora para instalação de luminárias com e sem fiação interna (Adaptada de [14]).....	83
Tabela 3.24 – Tabela de otimização de índices para luminárias	84
Tabela 3.25 – Índices médios, máximos e mínimos para transformadores de potência.....	91
Tabela 3.26 – Índices para instalação de transformadores de potência (adaptada de [14])	92
Tabela 3.27 – Tabela de otimização de índices para transformadores de potência.....	93
Tabela 3.28 - Índices médios, máximos e mínimos para quadros de força.....	98
Tabela 3.29 – Índices para instalação de quadros de força (adaptada de [14])	99
Tabela 3.30 - Tabela de otimização de índices para quadros de força	100
Tabela 3.31 - Índices médios, máximos e mínimos para disjuntores monopolares	104
Tabela 3.32 - Índices médios, máximos e mínimos para disjuntores bipolares	105
Tabela 3.33 - Índices médios, máximos e mínimos para disjuntores tripolares.....	105
Tabela 3.34 – Tabela de otimização de índices para disjuntores.....	106

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Este estudo tem como objetivo definir uma metodologia para a determinação dos índices de produtividade mais adequados para instalações elétricas industriais e instalações elétricas de baixa tensão.

A melhor estimativa de um determinado serviço de Instalações Elétricas Industriais (IEI) é aquela que consegue representar com o maior grau de confiabilidade todos os requisitos necessários para a realização de uma determinada atividade. A representação mais adequada resulta nos seguintes benefícios:

- Maior segurança para a empresa de montagem na determinação do custo do serviço;
- Informações mais seguras para planejamento e negociação;
- Redução do valor ofertado ao cliente.

Os materiais necessários e as respectivas quantidades para a realização dos serviços de instalações elétricas são bem definidos, podendo depender somente de perdas, sendo também, podendo ser fornecidos pelo cliente, desta forma a montadora venderia somente a mão-de-obra e seu gerenciamento para a realização do serviço.

Uma vez que o serviço oferecido ao cliente é composto praticamente por mão-de-obra, ela deve ser muito bem prevista e planejada, sendo assim diversos fatores devem ser considerados para a melhor previsão da mesma, tais como:

- Previsão de todas as interferências que podem ou não influenciar na produtividade da equipe e mensurá-las;
- Definição mais adequada da equipe de trabalho e de suas ferramentas e materiais de consumo mais pertinentes para a melhor produtividade;
- Conhecimento detalhado de todas as etapas da atividade.

É de extrema importância para as empresas de construção civil e montagem eletromecânica possuir o conhecimento adequado para a melhor estimativa de oferta de seus serviços, uma vez que um erro de estimativa para a realização de determinada atividade pode comprometer o seu relacionamento com o cliente, ou um serviço mal planejado pode acarretar em atrasos de prazo na conclusão de atividades, prejudicando o cronograma da obra e até mesmo prejudicar o capital econômico da empresa.

Será apresentada uma metodologia para orientação do profissional de Orçamentos, que irá ajudá-lo na definição do melhor índice para a realização da estimativa da produtividade, serão apresentadas tabelas de coeficientes para otimização dos índices e faixas de variação médias dos índices encontrados em bibliografias nacionais e estrangeiras.

Uma das bases para a realização de um bom orçamento de obra é a criação de composições, sejam estas de civil ou montagem eletromecânica, a partir das quais, a empresa que está orçando a obra consegue mensurar o custo de mão-de-obra direta e materiais por unidade condizente com cada atividade (ex.: R\$/km de linha de distribuição). Uma das bibliografias mais conceituadas e pioneiras no assunto é a Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) [1], que apresenta composições para os serviços de construção mais usuais.

Porém poucas são as bibliografias que conseguem mensurar e definir analiticamente as incertezas e interferências que podem ocorrer na realização de cada atividade. Os estudos existentes de produtividade da mão-de-obra estão mais concentrados em serviços de construção civil, tais como os desenvolvidos pelo Grupo de Ensino, Pesquisa e Extensão (GEPE) da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, na Especialidade de Tecnologia e Gestão da Produção (TGP) [2-6]

O presente estudo irá apresentar ao Engenheiro ou Técnico de Orçamentos critérios de análise que irão facilitar a definição e mensuração das incertezas e características pertinentes aos serviços de instalações elétricas que influenciam na variação da produtividade.

É importante dizer que o objetivo do estudo não é contrariar os índices existentes, e sim aprimorar o processo de definição dos mesmos. O orçamentista pode, inclusive, utilizar-se dos índices existentes como referência inicial, atentando para as próprias bibliografias conceituadas no assunto que alertam sobre a importância de ajuste dos índices, levando em conta a realidade / característica de cada obra e empresa executante e, até mesmo, a condição econômica regional.

O presente estudo transforma este “sentimento de análise e ajuste de índices” em algo mais analítico. As vantagens de se realizar uma estimativa de custos com o maior número de critérios possíveis dentro do bom senso e tempo disponível para o mesmo assegura um maior grau de confiabilidade no orçamento, aumentando-se, assim, as chances de se vencer uma concorrência.

CAPÍTULO 2

ORÇAMENTO DE OBRAS

2.1 Definição de orçamento

“Orçar é quantificar insumos, mão-de-obra, ou equipamentos necessários à realização de uma obra ou serviço bem como os respectivos custos e o tempo de duração dos mesmos” [7]. “É a determinação do custo de um empreendimento antes de sua realização, também poderá ser denominado previsão de custo” [8].

A elaboração do orçamento é fundamental para aprimorar os processos de obtenção de melhor produtividade e analisar e reduzir os custos de produção. Não existe um orçamento básico que representaria grande parte das obras, porém pode-se definir a estrutura básica e convencional de um orçamento na seguinte ordem lógica:

- Insumo;
- Composição;
- Planilha de preços.

Para os profissionais da área de orçamentos, sabe-se que esta é a estrutura mais simples do mesmo. Existe uma grande variedade de ferramentas computacionais para a realização e análise de um orçamento da maneira mais adequada, cujas informações pode-se, então, adicionar aos itens de um orçamento:

- Curvas de execução;
- Praticabilidade da mão-de-obra;
- Praticabilidade de equipamentos;
- Ferramentas para cálculo de ciclos de transporte.

A partir daí, pode-se obter diversos relatórios, tais como:

- Curva ABC;
- Histogramas de mão-de-obra e equipamentos;
- Cronogramas físicos e financeiros para cálculo de fluxo de caixa;
- Compilações de insumos.

Um dos itens mais importantes de um orçamento são as composições de custo. Com a metodologia proposta, o profissional de orçamentos terá maior segurança na definição das composições, aumentando a confiabilidade do orçamento, o que irá refletir diretamente nos relatórios e resultados originários do mesmo.

2.2 Produtividade da mão-de-obra

“Quando definimos um processo produtivo, a mão-de-obra é um fator determinante na organização e gerenciamento desse processo produtivo devendo-se vislumbrar as diversas condições de disponibilidade, habilitação, salariais, sindicais e trabalhistas entre outras contemporâneas e regionais. Estas determinam várias decisões a serem tomadas na implantação e estudo de viabilidade” [9].

Dentre as diversas definições sobre produtividade, a definição mais comum encontrada relaciona as entradas e saídas de um sistema, segundo Sink [10] o conceito de produtividade para um sistema físico de produção, é a relação entre o que se obtém na saída e o que é consumido da entrada desse sistema, conforme apresentado a seguir:

$$produtividade = \frac{saídas}{entradas} \quad (1)$$

Segundo a TCPO [1], define-se produtividade como sendo a eficiência em transformar recursos em produtos, sendo que, os recursos considerados são a mão-de-obra e os materiais, enquanto os produtos, são as partes que constituem os serviços em execução. A mensuração de tal produtividade pode ser feita através de um indicador que relacione a quantidade de recursos demandados à quantidade de produto obtido. Pode-se citar o seguinte exemplo: o lançamento de 15 metros de condutor de cobre unipolar de 25mm² em eletroduto pode demandar 0,8 horas de trabalho de um eletricista e 1,6 horas de trabalho de um ajudante, sendo assim, tem-se 2,4 horas de mão-de-obra para 15 metros de cabo unipolar de 25mm², o que define então uma produtividade 0,16h de trabalho para 1 metro de condutor.

2.3 O Homem-hora (Hh)

Quando foi definida produtividade, foi citado o exemplo da execução do serviço de lançamento de cabo em eletroduto, chegando a um índice de 0,16 horas de trabalho para cada metro de cabo lançado. As 0,16 horas de trabalho definem o homem-hora, que é o índice relativo às horas gastas pela equipe de trabalho para execução do serviço. O inverso do índice de Homem-hora (Hh) define a produtividade da equipe, neste caso $\frac{1}{0,16} = 6,25$, ou seja, a equipe lança 6,25 metros de cabo por hora.

2.4 Tendências da produtividade da mão-de-obra

Atualmente discute-se cada vez mais questões ligadas à qualidade e produtividade na prestação dos serviços, cujos prazos de execução devem ser cada vez menores. Questões de disponibilidade, habilidades, salariais, sindicais e trabalhistas, relacionam-se diretamente com a questão da produtividade da mão-de-obra, tanto na indústria, quanto na construção civil.

Tanto no setor industrial, quanto no da construção, o assunto produtividade sempre teve tratamento especial no que tange ao seu aprimoramento, acompanhando, nas décadas passadas, inclusive a substituição da mão-de-obra humana, pela mecanizada, nos setores de produção industrial, tais como na indústria automobilística, e também a implantação de diversas metodologias de produção, tais como o sistema Toyota de produção, entre outras.

Já na construção, o aprimoramento da produtividade se faz pela utilização de ferramentas e equipamentos para a facilitação do serviço, e é evidente que, juntamente com a mão-de-obra especializada e suas respectivas máquinas e equipamentos, a mesma deve possuir uma organização e gestão aliadas a um planejamento adequado para a realização da tarefa com a melhor produtividade e qualidade possível.

2.5 Fatores que afetam a produtividade da mão-de-obra

Existe uma infinidade de fatores que podem afetar a produtividade da mão-de-obra. É evidente que uma unidade Homem-hora e o seu valor não é o mesmo para todos os projetos e regiões de execução, conforme Page [11]. O índice de produtividade pode variar segundo os seguintes aspectos:

- Economia geral;
- Supervisão de projeto;
- Qualidade da mão-de-obra;
- Condições de trabalho (infra-estrutura);
- Equipamentos / Ferramental disponível;
- Condições climáticas.

Dentro do aspecto da economia geral, os sub-itens que devem ser revisados e avaliados nesta categoria, são:

- Tendências e perspectivas de negócios;
- Volume de construção;
- Oferta de emprego.

Na hipótese de haver uma avaliação favorável (muito boa / excelente) destes três itens da economia de uma região. Supõe-se, com relação à execução do projeto, que sua média de produtividade será muito boa; porém, o que ocorre, é justamente o contrário: os melhores supervisores e mão-de-obra especializada, tais como eletricitas, montadores e soldadores estão, em sua maioria, empregados, e as chances de se lidar com mão-de-obra inexperiente serão maiores. No caso de uma região onde a economia geral está em condições moderadas e em ascensão, a produtividade tende a apresentar níveis mais elevados, uma vez que a oferta de supervisão e de mão-de-obra especializada é maior.

Dentro do aspecto da supervisão de projeto, os sub-itens que devem ser revisados e avaliados nesta categoria, são:

- Experiência;
- Disponibilidade;
- Salário.

Se a Economia está em excelentes condições, a disponibilidade de mão-de-obra qualificada será, provavelmente, prejudicada, e se a mesma está em condições normais ou em ascensão, bons supervisores estarão disponíveis. É muito importante salientar que, em diversos ramos de negócio e também em construção, para diminuir os custos de execução e aumentar a

lucratividade da obra, o gerente da obra pode optar por contratar supervisores baratos e com pouca experiência para economizar em salários, o que pode influenciar diretamente na produtividade da obra, e ainda, na qualidade do serviço, causando até insatisfação do cliente.

Dentro do aspecto da qualidade da mão-de-obra, os mesmos sub-itens que devem ser revisados e avaliados para a supervisão de projeto, repetem-se aqui:

- Experiência;
- Disponibilidade;
- Salário.

O foco principal da abordagem está mais relacionado ao aspecto de recursos humanos, ou seja, o grau de satisfação e motivação dos trabalhadores com relação ao trabalho e região onde estão morando. Isto deve ser levado em conta porque muitas vezes, há necessidade de traslado de mão de obra, por falta de pessoal, necessidade de mão de obra especializada ou mesmo localizações remotas em relação a centros urbanos. O custo desse traslado cabe à empresa que deve atentar para o fato que esses aspectos tem influência direta na produtividade da mão de obra.

Dentro do aspecto das condições de trabalho (infra-estrutura), surgem questões como:

- Qual o escopo da obra e se os esforços necessários estão direcionados para o mesmo;
- O cronograma contratado está folgado ou apertado;
- A necessidade de turnos noturnos;
- Quais são as condições da planta;
- É uma região de difícil ou fácil acesso;

- O solo possui condições favoráveis de se trabalhar;
- O clima é seco ou úmido;
- A obra será realizada em uma planta industrial existente e em operação;
- O serviço será mecanizado ou manual;
- Qual a disponibilidade de materiais e insumos na região.

Há muitos aspectos que devem ser avaliados nesta etapa, resumindo os mais importantes como:

- Escopo da obra;
- Condições da planta;
- Disponibilidade de material;
- Operações manuais e mecanizadas.

A forma mais indicada para se obter respostas para esta questão, é, além de se efetuar criteriosamente uma análise e planejamento da obra como um todo, deve-se realizar uma visita técnica ao prospectado local de trabalho.

Dentro do aspecto dos equipamentos / ferramentais disponíveis, os sub-itens que devem ser revisados e avaliados nesta categoria, são:

- Disponibilidade;
- Condição de uso;
- Manutenção e reparo.

Um dos itens mais fáceis de serem analisados na fase de orçamento e planejamento é se há disponibilidade de equipamento para completar a obra, e se os mesmos estão operacionais ou

necessitam de reparo. Todo profissional de orçamento deve saber qual a disponibilidade e condição dos equipamentos que sua empresa possui; a partir daí, ele pode decidir se prevê a sua mobilização ou se parte para a solução de aluguel dos equipamentos.

Dentro do aspecto de condições climáticas, os sub-itens que devem ser revisados e avaliados nesta categoria, são:

- Histórico das condições climáticas na região;
- Histórico de chuva ou neve na região;
- Temperaturas médias.

As condições climáticas da região onde será realizada a obra afetam diretamente em sua futura produtividade e podem gerar muita ociosidade de mão-de-obra, principalmente se a mesma for realizada a céu aberto. Para obras de construção civil este é um dos itens mais importantes, visto que pode haver grande volume de escavações, criando uma situação propícia à formação de lamaçais em condições de chuva intensa.

Dado o panorama já descrito da produtividade da mão de obra, na perspectiva de Page [11], considerou-se importante aprofundar o conceito interferências / características de montagem, já pensando nas possíveis dificuldades físicas que o profissional pode encontrar no local de trabalho, que dentro dos aspectos de Page [11] estas interferências se enquadrariam nos itens condições de trabalho e equipamentos / ferramental disponível.

Pode-se classificar as interferências em dois tipos:

1. Interferências globais:

São aquelas provenientes do local da montagem e não do material / equipamento em si. São caracterizadas como interferências únicas e características do local de trabalho, podendo interferir na realização apenas de uma determinada atividade ou influenciar em varias outras. Seguem alguns exemplos:

- Local de difícil acesso;
- Restrições de segurança;
- Interferências desconhecidas (tubulações, dutos não previstos).

2. Interferências do Material / Equipamento:

São as interferências particulares do equipamento / material a ser instalado, muitas vezes causadas por falta de experiência da equipe na montagem do mesmo. Seguem alguns exemplos:

- Alta complexidade de montagem;
- Projeto mal elaborado;
- Falta de peças e ferramentas.

2.6 Equipe ideal

Especialistas sobre a produtividade da mão-de-obra em tarefas de construção, na sua maioria, assumem que a menor equipe necessária para a realização de uma determinada atividade é geralmente a mais eficiente [12]. Pode-se citar como exemplo dois homens montando uma caixa de passagem de fiação elétrica; o primeiro estaria realizando a atividade de montagem

da caixa e o segundo, estaria segurando e fornecendo ferramenta e material ao outro, assim que necessário.

É evidente que, neste caso, a equipe seria mais produtiva se cada homem trabalhasse independentemente do outro. É claro que há exceções; algumas vezes, um único trabalhador pode levar mais do que o dobro do tempo para concluir uma atividade do que se o fizesse com mais de uma pessoa, como é o caso de atividades executadas em altura, com o uso de andaimes. No caso das instalações de luminárias, enquanto um homem efetua a instalação das mesmas, um outro deve estar presente no solo, preparando as peças para serem instaladas e içadas para o instalador. Seria desperdício de homem-hora considerar, para a realização desta atividade, um trabalhador somente, que estaria sempre subindo e descendo do andaime toda vez que fossem necessários mais materiais e ferramentas.

O mesmo é válido para a instalação de eletrodutos em alturas: enquanto um trabalhador faz a instalação na plataforma elevada ou andaime, um segundo trabalhador faz, em solo, a medição, corte e curvamento do próximo eletroduto a ser montado.

As Tabelas 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4 apresentam exemplos de algumas equipes típicas utilizadas em orçamentos de montagem:

Tabela 2.1 – Exemplo de equipe de mecânica

EQUIPE MECÂNICA			
Descrição	Unid.	Quant.	Incidência
Encarregado Mont. Mecânica	H	1	0,0714
Mecânico Ajustador	H	2	0,1429
Mecânico Montador	H	4	0,2857
Montador	H	2	0,1429
Maçariqueiro	H	0,5	0,0357
Soldador AC	H	0,5	0,0357
Ajudante	H	4	0,2857
Total		14	1,0000

Fonte: Dados próprios do autor

Tabela 2.2 – Exemplo de equipe de tubulação

EQUIPE TUBULAÇÃO			
Descrição	Unid.	Quant.	Incidência
Encarregado Tubulação	H	1	0,0769
Encanador	H	4	0,3077
Soldador Tig	H	2	0,1538
Soldador RX	H	1	0,0769
Maçariqueiro	H	1	0,0769
Ajudante	H	4	0,3077
Total		13	1,0000

Fonte: Dados próprios do autor

Tabela 2.3 – Exemplo de equipe de elétrica

EQUIPE ELÉTRICA			
Descrição	Unid.	Quant.	Incidência
Encarregado Elétrica	H	1	0,0667
Eletricista FC	H	2	0,1333
Eletricista montador	H	5	0,3333
Soldador chaparia	H	1	0,0667
Ajudante	H	6	0,4000
Total		15	1,0000

Fonte: Dados próprios do autor

Tabela 2.4 – Exemplo de equipe de instrumentação

EQUIPE INSTRUMENTAÇÃO			
Descrição	Unid.	Quant.	Incidência
Encarregado Instrumentação	H	1	0,0833
Instrumentista	H	3	0,2500
Eletricista FC	H	2	0,1667
Eletricista montador	H	1	0,0833
Ajudante	H	5	0,4167
Total		12	1,0000

Fonte: Dados próprios do autor

Nos exemplos apresentados, nota-se a grande quantidade de trabalhadores compondo uma única equipe. Tais equipes com maior quantidade de trabalhadores são necessárias para execução de tarefas de complexidade maior, como as de montagem eletromecânica, em que habilidades específicas possam estar sendo solicitadas; neste caso, a distribuição das habilidades em quantidades adequadas são fundamentais para definição do custo horário da equipe, conforme exemplo da Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Exemplo de equipe de elétrica com custos

EQUIPE ELÉTRICA					
Descrição	Unid.	Quant.	Incidência	Cotação (R\$)	Total (R\$)
Encarregado Elétrica	H	1	0,0667	14,70	0,98
Eletricista FC	H	2	0,1333	4,50	0,60
Eletricista montador	H	5	0,3333	4,09	1,36
Soldador chaparia	H	1	0,0667	4,42	0,29
Ajudante	H	6	0,4000	2,26	0,90
Total		15	1,0000		4,14

Fonte: Dados próprios do autor

No exemplo da Tabela 2.5, observa-se que o custo-horário da equipe de elétrica é de R\$4,14. Representar a equipe da maneira mais adequada para a realização da atividade otimiza o custo-horário da mesma, pois se consegue estimar com maior segurança, custos relacionados a ferramentais e materiais de consumo de cada trabalhador.

2.7 A produtividade variável

Estudos sobre a produtividade variável começaram a ser desenvolvidos, inicialmente, para a construção civil, uma vez que se viu a necessidade e importância do planejamento, não só originário de uma visão distante dos problemas reais e particulares de cada obra, mas tentando-se, ao máximo, realizar a previsão de todas as etapas do processo [13]. Neste, a importância e cumprimento das metas planejadas força uma precisão cada vez maior da estimativa definida em cronograma, gerando uma necessidade cada vez maior das empresas trazerem mais próxima da realidade a previsão da realização dos serviços, pela definição de características próprias de cada cliente e também pela contratação de engenheiros com grande experiência de obra para a realização dos orçamentos.

Pode-se citar, como exemplo, atividades que não só demandem mão-de-obra e material, mas também equipamentos de construção e apoio pesados, tais como guindastes de grande porte, equipamentos essenciais para obras de construção civil e montagem eletromecânica. Uma

estimativa mal elaborada quanto ao tempo necessário que um determinado equipamento deve estar presente na obra pode trazer grandes prejuízos para a empresa executante do serviço. Isto pode ocorrer por uma estimativa inferior à realmente necessária, sendo que, na realização da obra, o orçamento previsto será menor do que o real; podem ocorrer, também, estimativas errôneas para a montagem eletromecânica, fazendo com que o custo orçado esteja super faturado e a empreiteira ou montadora perca a concorrência.

Ao falar em produtividade, deve-se pensar em planejamento, e a combinação de tais itens junto com as exigências do cliente definem o orçamento, que gera o custo da obra, partindo-se do custo, pode-se começar a pensar em Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) e preço de venda.

Realizar uma estimativa para a definição de custo e tempo de execução não só demanda amplo conhecimento técnico sobre a realização do serviço (também conhecido como “Procedimento Executivo”), mas também a visão de empreendedor. Atividades simples, tais como o lançamento de cabos em envelopes, podem ter sua produtividade variada em mais de 50%, considerando-se um mesmo trecho linear e sem interferências para duas diferentes obras, sendo essa grande variação definida pelas exigências e características de dois diferentes clientes. Pode-se citar o exemplo de uma mesma atividade ser realizada em um pátio industrial em construção e numa refinaria de petróleo em operação. É evidente que as exigências da refinaria, com questões de segurança e meio ambiente, serão muito maiores, sem contar restrições de horário e tempo, tais como na interligação de circuitos novos de subestações com as já existentes e operantes para que não se afete a produtividade do pátio industrial.

A metodologia proposta irá oferecer critérios para orientar o Engenheiro na definição do índice mais adequado para a realização de sua atividade, pensando no microplanejamento, em que a previsão de interferências (tubulação, cablagem subterrânea, etc) e conhecimento de detalhes de instalações (altura, montagem em eletroduto, calha, etc) são fundamentais para a definição do índice mais adequado. Estudos sobre o local onde será realizada a obra, característica do cliente, interligação das diversas atividades e frentes de serviço, fazem parte do macroplanejamento para o ajuste do total de homem-horas necessários para a conclusão da atividade por completo.

2.8 Comparativo de índices de produtividade praticados fora do país

É objetivo deste estudo realizar também uma comparação entre os índices de produtividade para instalações elétricas industriais e residenciais fora do Brasil e os praticados aqui; para isso, na etapa de definição do banco de dados, é intenção do autor sempre tentar incluir uma fonte de índices estrangeira.

A comparação com os índices estrangeiros, se possível europeus e norte-americanos, é de extrema importância para o estudo e análise profissional, pois em países com maior experiência em construções de grande porte, sejam estas de construção civil ou montagem eletromecânica, estudos sobre a produtividade da mão-de-obra são fundamentais para excelência de seus processos. Além disso, o custo da mão-de-obra em países de primeiro mundo é significativamente superior aos praticados aqui no Brasil, explicando, assim, mais um motivo para o aprofundamento do conhecimento, detalhamento e definição de critérios para a obtenção do índice mais adequado.

2.9 Definição e importância do “take-off”

O termo “take-off” é também conhecido na construção civil como “levantamento de quantidades”; como a própria significação já diz, o mesmo define uma das etapas iniciais e de extrema importância para a realização de um orçamento de construção civil ou montagem industrial, pois nesta etapa serão definidas as quantidades a serem adquiridas para a realização do empreendimento, obra ou serviço e, a partir da qual, pode-se dar início a três atividades:

- Cotação;
- Planejamento;
- Orçamento.

A equipe de Cotação fica responsável pelo levantamento dos custos dos insumos levantados na fase de “take-off”, devendo estar atenta não só aos custos, como também à logística de fornecimento dos insumos, impostos pertinentes de cada região, disponibilidade de grandes quantidades, etc.. Normalmente, essa equipe é composta por profissionais conhecedores das diversas empresas possíveis fornecedoras dos insumos, muitas vezes por Engenheiros, pela necessidade da análise de compatibilidade dos insumos com as especificações técnicas do cliente.

A equipe de Planejamento fica, então, responsável pela definição do cronograma físico da obra, de extrema importância, pois a partir dele, pode-se obter diversos outros indicadores, tais como o cronograma financeiro, histogramas de mão-de-obra e equipamento. A equipe de Planejamento de uma Construtora / Montadora, geralmente, é composta por Técnicos e Engenheiros com experiência de campo em obras.

A equipe de Orçamento fica responsável pela definição das composições de montagem ou construção civil, integrando, assim, o custo dos insumos com o custo da mão-de-obra, definindo então, uma equipe de mão-de-obra que consiga atender às expectativas do cronograma físico definido pela equipe de planejamento. A equipe de planejamento também depende dos dados do orçamento para definição e ajuste de seu cronograma.

A divisão acima apresentada é comum em empresas de grande porte, detentoras de grande capacitação profissional e orçamentária. Em empresas de pequeno porte ou orçamento reduzido as três etapas acima, geralmente, são realizadas por um grupo pequeno de profissionais, ou, até mesmo, por um único profissional, responsável pelo “*take-off*”, cotação, orçamento e planejamento do empreendimento.

O levantamento de quantidades ou “*take-off*”, geralmente, é realizado a partir de plantas e desenhos de projeto e o profissional deve estar atento às incertezas do mesmo, uma vez que as quantidades são levantadas a partir de projetos sumários ou anteprojetos. Existem softwares especializados que facilitam a etapa do “*take-off*”, ferramentas computacionais que conseguem levantar quantidades a partir de plantas fornecidas em CAD, ajudando o profissional a obter maior precisão e segurança nesta etapa.

2.10 Índices atuais para as instalações elétricas industriais

Nas bibliografias nacionais conceituadas sobre índices de produtividade para orçamento, tais como a TCPO [1], pode-se encontrar alguns modelos de composições e índices médios adotados para a mesma, como para serviços de lançamento de cabos de baixa e média tensão, montagem de eletrodutos, caixas de ligação e passagem, dutos, canaletas, perfilados,

disjuntores e, até mesmo, alguns transformadores de potência, que podem ser muito úteis para uma estimativa inicial.

Porém, para a Engenharia Elétrica, poucos são os estudos que levam em consideração critérios para se obter uma precisão maior nos índices, tais como os estudos de produtividade variável que foram aplicados na Engenharia Civil, ainda assim, os índices publicados estão mais direcionados para as instalações elétricas prediais e residenciais.

O objetivo deste estudo não é contrariar os índices existentes, uma vez que os mesmos são muito genéricos e servem apenas para a obtenção de uma estimativa inicial. O índice mais representativo depende muito da política de gestão e do procedimento executivo de cada construtora ou montadora, o presente estudo apresenta uma otimização e complementação dos índices existentes na disciplina de Engenharia Elétrica, oferecendo alguns critérios de análise que irão ajudar a estreitar a grande diferença entre a estimativa e a realidade da execução.

2.11 Orçamento de instalações elétricas

A estimativa de um custo relacionado à execução de um serviço ou conjunto de serviços de instalações elétricas industriais não se define somente pela cotação dos custos dos materiais / equipamentos e uma estimativa de custo de mão-de-obra. Na execução do serviço, assim como em qualquer estimativa de custo de obra, seja civil, mecânica, hidráulica, elétrica, etc., as condições são extremamente variáveis. “Estimar é uma arte e não uma ciência” [12].

Hoje, em obras de grande porte, geralmente a empresa que participa de uma licitação para orçar a obra, no caso de concorrências públicas ou uma concorrência privada, deve receber as

informações necessárias para a realização do orçamento de diversas formas. Quando o empreendimento a ser construído é de grandes proporções, geralmente a construtora ou montadora recebe uma série de documentos, com os quais ela pode dar início ao seu processo de levantamento de custos. Para a parte elétrica, quando a obra é orçada por preço unitário, é comum receber uma planilha quantificando uma estimativa inicial baseada em um anteprojeto contendo todos os serviços necessários para a realização da obra, a planilha é habitualmente chamada de Planilha de Quantidades e Preços (PQP).

É muito comum também, as empresas receberem apenas as plantas referentes ao projeto a ser executado, principalmente em obras de pequeno porte. De posse das plantas do anteprojeto da obra, cabe às empresas fazerem o levantamento de quantidades, da melhor forma possível, uma vez que o erro de levantamento afeta diretamente os custos de materiais e mão-de-obra.

O orçamento de instalações elétricas industriais é um exercício de julgamento e tomada de decisões, em que cada estimativa deve ser realizada pensando na customização do serviço baseado nas características, exigências, filosofia de trabalho de cada local, cliente e equipe de trabalho. É muito difícil uma referência de estimativa considerar todas as variáveis que fazem com que o trabalho se torne único.

O profissional, quando tiver em mãos a tarefa de realizar uma estimativa de custos para instalações elétricas, não deve se limitar somente à planilha de quantidades e aos índices de Homem-hora de sua empresa ou referências bibliográficas; uma série de outros fatores deve ser cuidadosamente analisada para que se consiga diminuir, ao máximo, a faixa entre o real a ser executado e o estimado, no presente momento. Um exemplo de documento, geralmente fornecido em processos de concorrência no mercado público e industrial são os chamados

“Critérios de Medição”, em que o contratante ou empresa que abre a concorrência estabelece critérios de medição de serviços. A Fig. 2.1 apresenta um exemplo de um critério de medição para o serviço de instalação de luminárias e projetores industriais.

DESCRIÇÃO DO SERVIÇO:
<p>ILUMINAÇÃO – MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE LUMINÁRIAS E PROJETORES TIPO INDUSTRIAL (NÃO-PREDIAIS)</p> <p style="text-align: center;">DOCUMENTOS APLICÁVEIS</p> <p>ESPECIFICAÇÕES GERAIS: ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO: NORMAS GERAIS DE PROJETO:</p>
<p>1. Medição: A execução dos serviços de montagem e instalação de luminárias e projetores (não-prediais), inclusive reatores, lâmpadas, suportes e acessórios, será medida por conjunto (cj) completo de luminária ou projetor efetivamente montado e instalado, testado e aceito pela FISCALIZAÇÃO. As quantidades serão obtidas no projeto ou diretamente no campo. Incluem o fornecimento e a fabricação dos suportes que se fizerem necessários.</p> <p>2. Serviços: A medição dos serviços de montagem e instalação de luminárias e projetores (não-prediais) será de acordo com o acima disposto, ao preço unitário contratual, que remunera as seguintes atividades, sem a elas se limitar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - fornecimento de equipamentos, ferramentas e mão-de-obra, inclusive encargos, necessários para a execução dos serviços; - fornecimento de materiais de consumo necessários para a montagem e a instalação das luminárias e dos projetores; - locação dos pontos onde serão montados os aparelhos de iluminação; - fornecimento, instalação e montagem de suportes de qualquer natureza, inclusive braço para fixação de luminária e os do tipo “pescoço de ganso”, grampos “U”, abraçadeiras, perfis, chumbadores, etc.; - instalação de luminárias, projetores, reatores em seus respectivos suportes, sendo então aplicada à pintura final de acabamento nos suportes e retoques de pintura nos aparelhos, se necessário; - identificação das luminárias e projetores conforme o projeto; - execução das ligações das fiações necessárias; - colocação de lâmpadas; - execução de testes, inclusive fornecimento de equipamentos para esse fim; - montagem de caixas de proteção (com seus respectivos suportes) para os equipamentos auxiliares (reator, ignitor, capacitor) quando estes estiverem montados em separado, para o tipo de luminária ou projetor que o exigir; - retoques de pintura em geral, executados em conformidade com a Especificação Geral de Pintura; - carga, transporte e descarga desde local indicado pela FISCALIZAÇÃO até o local de instalação. <p>Nota: as luminárias e projetores poderão ou não ser fornecidos pela Contratante.</p>

Figura 2.1 – Exemplo de critério de medição de luminárias e projetores
Fonte: Dados próprios do autor

Com o exemplo do critério de medição da Fig. 2.1 consegue-se notar a grande quantidade de exigências e informações que o cliente ou contratante pode estabelecer para a execução de uma simples atividade de instalação de luminárias. É evidente que muitas das informações acima estão expostas sob o caráter de proteção contratual quando do momento da execução da obra, ou seja, estão presentes para documentar que a empresa executante do serviço ou contratada foi informada das condições, critérios e exigências do cliente com relação à execução dos serviços contratados.

A Fig. 2.2 apresenta um exemplo de um critério de medição para o serviço de instalação de Centros de Controle de Motores (CCMs) e painéis de distribuição:

DESCRIÇÃO DO SERVIÇO:						
<p>MONTAGEM E LIGAÇÃO DE CENTROS DE CONTROLE DE MOTORES (CCMs) E PAINÉIS DE DISTRIBUIÇÃO DE FORÇA EM 13,8 E 4,16Kv, 440-220 E 110V</p>						
DOCUMENTOS APLICÁVEIS						
<p>ESPECIFICAÇÕES GERAIS: ESPECIFICAÇÕES DE SERVIÇO: NORMAS GERAIS DE PROJETO:</p>						
<p>1. Medição: A execução dos serviços de montagem e ligação de centros de controle de motores (CCMs) e painéis de distribuição de força em 13,8 e 4,16kV e 440-220 e 110V será medida por unidade (un) ou conjunto (cj) de CCMs ou painéis efetivamente montado e aceito pela FISCALIZAÇÃO.</p> <p>Compreende os serviços abaixo e será medida de acordo com as seguintes etapas:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;">- montagem do equipamento.....</td> <td style="text-align: right; vertical-align: bottom;">35%</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">- execução das ligações</td> <td style="text-align: right; vertical-align: bottom;">40%</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">- testes</td> <td style="text-align: right; vertical-align: bottom;">25%</td> </tr> </table> <p>2. Serviços: A medição dos serviços de montagem, instalação e ligação de CCMs e painéis de força será de acordo com o acima disposto, ao preço unitário contratual, que remunera as seguintes atividades, sem a elas se limitar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - inspeção visual, transporte e descarga dos equipamentos desde o local indicado pela FISCALIZAÇÃO até o local de sua instalação; - locação de base / suporte, içamento, posicionamento, nivelamento, alinhamento e fixação (preparo da argamassa), instalação dos suportes; - retoques de pintura em geral, incluindo a pintura dos suportes, conforme a Especificação Geral de Pintura, com fornecimento do material de consumo; - instalação de alimentação provisória, quando necessária, para ligação de resistência de aquecimento para equipamentos; - interconexão completa do equipamento, conforme desenhos de projeto ou desenhos de fornecedores do equipamento inclusive aterramento; - execução de todos os serviços de montagem das partes componentes e acessórios, de forma a constituir o todo quando este, por conveniência do transporte, for entregue desmontado; - facilidades aos técnicos das empresas fornecedoras dos equipamentos que supervisionarão a montagem; - reaperto geral; - todos os demais serviços necessários e suficientes para a perfeita execução dos trabalhos, nas suas diversas etapas, inclusive testes e limpeza final. 	- montagem do equipamento.....	35%	- execução das ligações	40%	- testes	25%
- montagem do equipamento.....	35%					
- execução das ligações	40%					
- testes	25%					

Figura 2.2 – Exemplo de critério de medição de CCMs e painéis de distribuição
Fonte: Dados próprios do autor

Foram apresentadas algumas condições e critérios com os quais o profissional da área de orçamentos pode deparar-se, quando houver a necessidade de uma estimativa de custos de instalações elétricas industriais.

Geralmente, um orçamento deve ser realizado da seguinte forma:

- Levantamento de quantidades;
- Cotação dos insumos e insumos associados (Materiais de consumo);
- Definição das Equipes de Montagem;
- Atribuição dos índices de Hh para as planilhas de quantidades e criação das composições.

A planilha de levantamento de quantidades, seja fornecida pelo cliente, empresa projetista contratada ou levantada pela própria empresa, dá início ao processo de cotação dos insumos provenientes dos serviços relacionados na mesma. A partir dela, os profissionais de orçamentos devem iniciar a fase de atribuição de índices de Homem-hora para os diversos itens da planilha, criando composições de cada item da planilha, obtendo-se, assim, o custo unitário direto para a realização do serviço. A Fig. 2.3 apresenta um exemplo de composição de elétrica.

ENTRADA DE ENERGIA em caixa de chapa de aço , dimensões 500 x 600 x 270 mm, potência de 25 a 30 kW					
Componente	Unid.	Leis Sociais: 0,00%		BDI: 0,00%	
		Coef.	Consumo	Custo Unit.(R\$)	Total
Ajudante de eletricista	h	8	8	---	---
Eletricista	h	8	8	---	---
Conector de aço para haste terra (bitola: 3/4 " / tipo de acabamento: cromado)	un	1	1	---	---
Haste de aterramento Copperweld (comprimento: 3,048 m / bitola: 3/4 ")	un	1	1	---	---
Cabo de cobre nu (seção transversal: 25,00 mm ²)	m	2	2	---	---
Cabo isolado em PVC 450/750V - 70°C - baixa tensão (seção transversal: 70,00 mm ² / encordoamento: CLASSE 2)	m	1	1	---	---
Arruela em zamak (diâmetro da seção: 2 1/2 ")	un	3	3	---	---
Bucha em zamak para eletroduto (diâmetro da seção: 2 1/2 ")	un	3	3	---	---
Eletroduto de PVC rígido roscável (diâmetro da seção: 1/2 ")	m	1,5	1,5	---	---
Caixa em chapa de aço de entrada de energia para 4 medidores externa tipo L (largura: 600 mm / altura: 500 mm / profundidade: 270 mm / padrão: ELETROPAULO)	un	1	1	---	---
Chave geral tipo faca reforçada com porta fusível cartucho - tripolar (tensão: 250 V / corrente elétrica: 200,00 A)	un	1	1	---	---
				TOTAL	---
				Valor BDI	---
				TOTAL C/ BDI	---

Figura 2.3 – Exemplo de composição de elétrica (adaptada de [1])

Com o custo da composição calculado, tem-se o valor de custo direto da execução do serviço, sendo comum, em concorrências de grande porte, (e também uma das exigências para

qualificação da empresa participante da concorrência), a obrigatoriedade de se realizar uma visita técnica ao local da obra. Neste momento, é de extrema importância a presença de um profissional da área de Orçamentos, cabendo ao mesmo detectar e registrar possíveis interferências existentes que possam prejudicar a realização da obra, informações que não estão presentes em nenhum documento fornecido às empresas. Segue, abaixo, alguns itens que o Orçamentista deve levantar no momento da visita técnica:

- Interferências subterrâneas (Tubulações, cabos interligando sistemas);
- Disponibilidade de linhas de distribuição aéreas ou subterrâneas das quais possa ser possível o aproveitamento para a ligação de novos circuitos, sejam estes para instalação elétrica definitiva ou temporária;
- Disponibilidade, distância e potência dos pontos de energia para alimentação das frentes de trabalho;
- Localização e distância do canteiro ao local da obra ou das frentes de serviço;
- Observação da existência de circuitos, linhas, equipamentos, motores, etc. que devem ser desmontados ou removidos para instalação de novos ou readequação de localização;
- No caso de plantas ou pátios industriais existentes e operacionais, deve-se observar as interferências com os sistemas existentes e verificações dos períodos disponíveis para o serviço, paradas programadas para interligações e testes, etc.;
- Normas de Meio Ambiente e segurança a serem respeitadas.

Os itens acima podem afetar significativamente o custo direto do orçamento, ou seja, o custo para execução do serviço contratado. O Orçamentista não somente calcula os custos diretos, como também os indiretos, ou seja, os custos de administração, controle e planejamento da

execução da mesma. Outros pontos a serem observados fora do local da obra que influem tanto nos custos diretos e indiretos, são os seguintes:

- Disponibilidade de mão-de-obra qualificada na região;
- Salários praticados;
- Custos de alimentação;
- Disponibilidade e custos de moradias;
- Custos de combustíveis e consumíveis;
- Disponibilidade e custo de transporte aéreo e terrestre;
- Locais de acesso à obra, já prevendo a passagem de equipamentos pesados.

De nada adianta um levantamento de quantidades realizado com o máximo de critérios e fatores de segurança, utilizando-se ferramentas computacionais caras, uma otimização dos índices de produtividade com o máximo de critérios, uma vez que uma simples limitação de horários para a execução dos serviços ou limitações de acesso e segurança não observados podem acarretar índices elevados de ociosidade da mão-de-obra e geração de encargos sociais elevados, tais como hora-extra e adicionais noturnos, que podem derrubar os índices e critérios para otimização dos mesmos e elevar drasticamente os custos diretos e indiretos da execução dos serviços.

Na execução de um orçamento de obra de instalações elétricas, o Engenheiro Orçamentista deve também ter em mente não só a análise crítica do sistema, prevendo as possíveis incertezas e características do produto, mas também conseguir visualizar a obra de uma maneira macro, como um todo, ou seja, prevendo as interferências globais de materiais / equipamentos.

2.12 Do projeto elétrico à execução

Atualmente, são poucos os centros de ensino que, na formação de seus Engenheiros, incluem disciplinas sobre orçamento de obras; quando, raramente, algumas faculdades oferecem esse curso, ele está voltado à Engenharia Civil [7]. A formação do Engenheiro Eletricista deve incluir não somente a capacidade de projetar, mas também a capacidade de orçar, isto será útil em situações em que o engenheiro vender não só o seu projeto, mas também a execução, pois, por melhor que seja seu projeto tecnicamente, atendendo a todas as solicitações técnicas exigidas pelo cliente, no caso de um orçamento realizado erroneamente, o engenheiro ou empresa executante pode vir a ter despesas no momento da realização da obra.

O que ocorre hoje, dependendo da simplicidade da instalação, como por exemplo de uma instalação residencial, o próprio Engenheiro Civil realiza o projeto elétrico, e subcontrata a execução do mesmo; porém, o processo de levantamento de custos, sejam estes de materiais ou mão-de-obra é, de qualquer forma, realizado pelo subcontratado. No caso de instalações mais complexas, tais como comerciais e, principalmente, industriais, em que o serviço não se limita somente ao dimensionamento de pequenas cargas, o envolvimento de um profissional de formação na área é essencial.

Em grandes projetos de instalações elétricas, a figura do Engenheiro Eletricista é encontrada em três etapas principais:

- Fase de projeto;
- Fase de orçamento;
- Fase de execução.

Apesar de os três Engenheiros possuírem a mesma formação, no âmbito de elétrica, o único desejo em comum dos três Engenheiros é a execução da obra sem grandes imprevistos e completa satisfação do cliente. Em suas responsabilidades distintas, o Engenheiro de Projetos está focado na funcionalidade e arquitetura do sistema, o Engenheiro Orçamentista na correta previsão dos custos e, na eventual execução, o Engenheiro de Obra está focado nos prazos e lucros.

No momento da realização da obra ou, até mesmo, no momento em que o cliente estiver operando a planta, pequenas falhas podem ocorrer ocasionadas por fontes distintas das três etapas descritas anteriormente. Pode haver sobrecarga de um circuito por dimensionamento elétrico de potência insuficiente do projetista; ou, no momento da execução, a verba prevista pela equipe de orçamento é insuficiente para a completa execução da mesma, o que reflete diretamente na fase de execução, obrigando, muitas vezes, o Engenheiro da obra a transferir recursos de outras áreas, tais como mecânica ou civil, para cobrir as falhas de orçamento. Vale lembrar o porquê da importância e rigor do cliente na garantia de que os critérios de medição sejam atendidos, justamente para garantir que, no caso de insuficiência de verba da executante, materiais de segunda linha não sejam utilizados para cobrir falhas de planejamento e orçamento, também podem ocorrer falhas de execução relacionadas à qualidade da instalação.

De qualquer forma, para que o processo inteiro atinja seu objetivo, a satisfação do cliente é essencial. Não só as etapas distintas (projeto, orçamento e execução) como os processos devem estar muito bem alinhados, justamente para que, no momento da passagem de responsabilidades, as informações estejam claras e objetivas.



Figura 2.4 – Diagrama projeto-orçamento-execução
Fonte: Elaborado pelo autor

Na etapa de transição de serviços, do projeto ao orçamento, o Engenheiro Orçamentista espera o menor erro possível das plantas elétricas e planilhas de quantidades, processo que evolui com a tecnologia e desenvolvimento de programas computacionais. Hoje, o projetista pode realizar todo seu projeto elétrico em uma plataforma gráfica como a CAD, e, a partir das mesmas, gerar todas as planilhas de quantidades para utilização do Engenheiro Orçamentista, com maior segurança nas informações.

Tal evolução diminui muito os eventuais erros de levantamento de quantidades, ocasionados pela leitura manual das plantas. No caso de o projeto não ter sido realizado em uma destas ferramentas gráficas, métodos eletrônicos foram também desenvolvidos, tais como canetas digitalizadoras e pranchetas eletrônicas, conforme foto apresentada na Fig. 2.6.



Figura 2.5 – Exemplo de caneta digitalizadora
Fonte: Catálogos diversos

Para o sucesso das três etapas do processo, a qualidade da transição dos serviços e responsabilidades está no correto desenvolvimento, por parte da equipe de projetos, das plantas de projeto e memorial descritivo. Estes trabalhos devem representar a relação dos materiais e equipamentos que irão constituir cada parte da obra, devendo neles constar todos os detalhes que possam interessar à gestão eficiente do empreendimento. O engenheiro orçamentista deve saber avaliar e filtrar todas as informações de projeto e conseguir realizar o orçamento de maneira criteriosa e segura, atendendo às especificações e exigências do projeto e do cliente e obtendo, desta forma, o contrato de execução para que a equipe de obra consiga realizá-lo com sucesso, com base no orçamento obtido junto ao cliente.

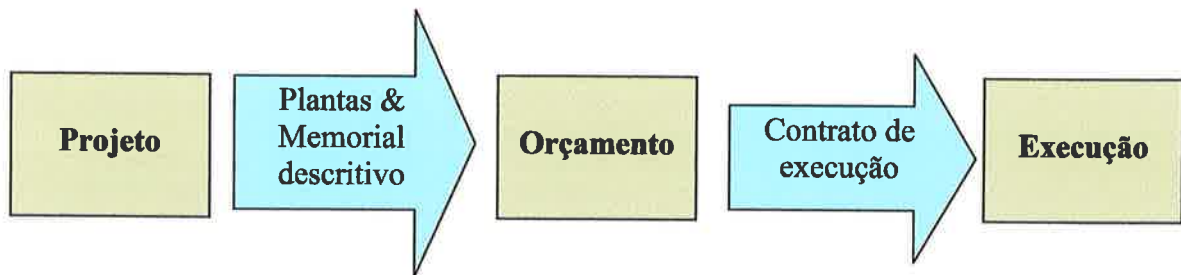


Figura 2.6 – Novo diagrama projeto-orçamento-execução
Fonte: Elaborado pelo autor

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA PROPOSTA

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para desenvolvimento do estudo, que será chamada de “Metodologia de Desenvolvimento”. A metodologia que será apresentada para utilização de profissionais de orçamento de instalações elétricas industriais e residenciais será chamada de “Metodologia de Aplicação”.

3.1 Metodologia de Desenvolvimento

A metodologia para o desenvolvimento do estudo é definida pelas seguintes etapas:

- Criação de um banco de dados com tabelas / gráficos representativos de famílias de materiais e equipamentos elétricos, em que seriam obtidas curvas médias para cada material / equipamento;
- A criação de um banco de dados com índices de montagem representaria um banco de referência, de cujas curvas médias obtêm-se equações de índices representativos das famílias de materiais / equipamentos. O banco de dados proveniente de diversas fontes, sejam estas de especialistas no assunto, dados de campo ou referências bibliográficas, irá definir os limites máximos e mínimos, dos quais pode-se alterar as curvas ou índices;

Uma vez definidas as curvas e equações, a grande dificuldade seria, então, definir as variáveis que causariam esta variação e como representá-las matematicamente, com seus respectivos pesos nas equações que definem os índices pertinentes à montagem dos materiais / equipamentos de instalações elétricas industriais e residenciais.

O plano de trabalho para o desenvolvimento da metodologia foi estruturado da seguinte forma:

1. Levantamento de índices para instalações elétricas;
2. Comparação entre os diversos índices;
3. Equacionamento das famílias de materiais / equipamentos;
4. Levantamento / estudo de interferências e características de montagem;
5. Parametrização das interferências / características de montagem;

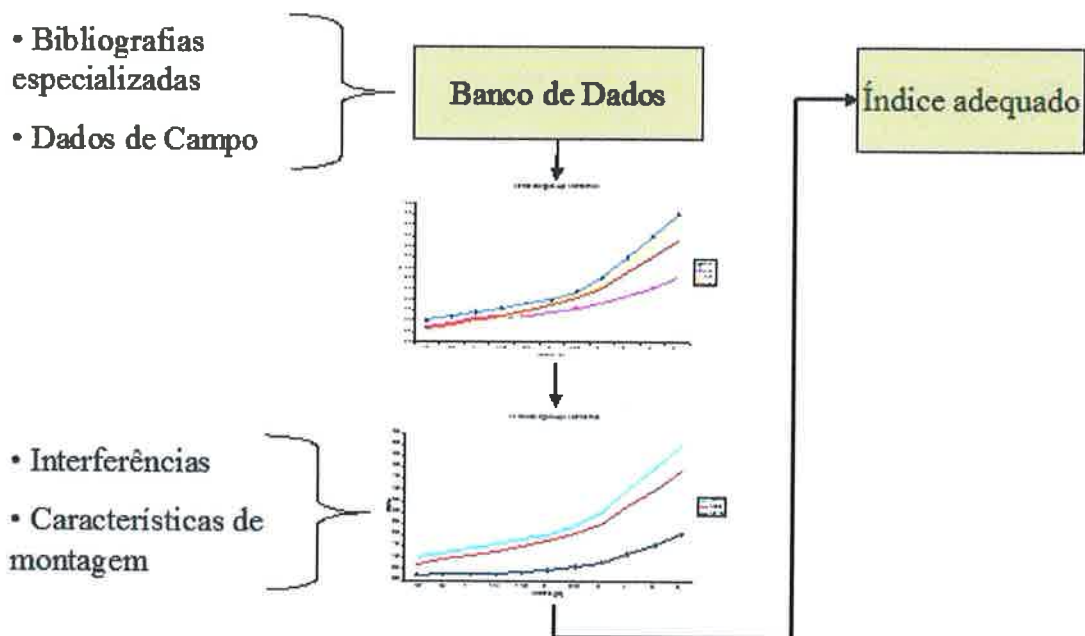


Fig. 3.1 – Diagrama da metodologia proposta
Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 Metodologia de Aplicação

Tendo sido apresentada a metodologia de desenvolvimento e seus resultados, pode-se levantar condições e critérios para apresentação da metodologia de aplicação.

Pode-se entender melhor a importância e utilização da metodologia de aplicação com o seguinte exemplo para cabos de potência:

No momento da realização de um orçamento, o custo direto para a execução de uma determinada atividade define-se, basicamente, em custo do material e custo da mão-de-obra. No caso do custo da mão-de-obra, o mesmo está diretamente ligado ao tempo que uma equipe ou até mesmo uma pessoa se dedica para a conclusão do serviço; a previsão deste tempo é muito difícil e é cercada de diversas variáveis que podem afetar tanto positiva quanto negativamente a execução do serviço.

Tomando-se como exemplo a atividade de lançamento, conexão e teste de cabos elétricos (pensando na execução da atividade, não só em suas características, mas também em eventuais dificuldades e interferências não previstas), pode-se apresentar as seguintes variáveis:

- Local de instalação (eletroduto, bandeja, canaleta, etc.);
- Altura de lançamento;
- Quantidade de curvas (complexidade da instalação)
- Comprimento do lançamento;
- Quantidade de cabos a serem lançados simultaneamente.

A questão é se as variáveis, tais como acima apresentadas, afetam, significativamente ou não, a execução do serviço. Tal resposta é parte do resultado das conclusões da metodologia de aplicação, da qual, o que ela irá fazer é simplesmente compilar as informações obtidas da metodologia de desenvolvimento e apresentar em forma de tabela de dados para consulta e otimização do índice final, tal como o exemplo da Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Tabela de otimização dos índices

Serviço:	Multiplicador
Lançamento de cabos de Potência	
Local de instalação	
- Instalação em bandeja	--
- Instalação em eletroduto	--
Altura de instalação	
- Até 3 metros	--
- De 3,1 a 4,5 metros	--
- De 4,6 a 6,0 metros	--
- De 6,1 a 7,5 metros	--
Comprimento do lançamento	
- Até de 15 metros	--
- De 15 a 30 metros	--
- De 31 a 60 metros	--

Sendo o orçamento realizado desta maneira, seja para apresentação das composições ou não, o profissional fica mais seguro dos custos que estão sendo apresentados para eventual fechamento de contrato junto ao cliente, O fato de a memória de cálculo que gerou o ajuste dos índices apresentar as premissas que geraram o custo, garante maior segurança para negociação e credibilidade para a empresa, em seu processo de geração de custos. Outra vantagem também da metodologia de aplicação é que, uma vez que os critérios de ajuste são definidos, os mesmos diminuem o famoso “*feeling*” do qual os profissionais de orçamento tanto se referenciam para ajuste de seus índices (critério este que pode ser totalmente genérico e inseguro). O “*feeling*” dos profissionais geralmente, se dá devido à grande experiência, não só em orçamento de obras, mas, principalmente, devido à grande experiência técnica na realização dos serviços. É esta experiência que a metodologia de aplicação apresentada neste estudo pretende apresentar em números.

Na possibilidade de um profissional com pouca experiência técnica ou muita experiência em uma determinada tecnologia, tal como mecânica, de repente se confrontar com a

responsabilidade de realizar um orçamento de Engenharia Elétrica, ele poderá suprir as dificuldades, quanto aos ajustes dos índices, por meio do que aqui é apresentado.

3.3 Cabos de Potência

Um dos itens mais representativos em instalações elétricas são os cabos de potência e controle. A seguir, será aplicado o desenvolvimento da metodologia proposta em uma família de cabos de potência.

3.3.1 Comparação entre os diversos índices

Um dos objetivos do estudo é a definição de equações características que definiriam as diversas famílias de equipamentos / materiais de montagem elétrica. Um dos itens mais comuns e também mais representativos em um orçamento de instalações elétricas são os cabos de energia.

Analisando-se as diversas fontes de índices de produtividade para instalações elétricas, as fontes apresentadas são provenientes de dados de campo em obras de construção e montagem e índices provenientes de profissionais especializados em orçamentos de montagem eletromecânica. Fica a critério do profissional de orçamentos utilizar os índices aqui apresentados como referência para otimização dos mesmos ou se utilizar de índices de outras bibliografias, tais como a TCPO [1]. O profissional pode também fazer um levantamento do histórico de produtividade da sua empresa, baseado em obras semelhantes a que se deseja orçar.

O levantamento dos índices próprios de cada empresa pode ser obtido com a colocação de pessoas destinadas a fazer o apontamento das horas gastas com a execução dos serviços, conhecido como “Apontador”, este reporta ao departamento de controle da obra ou controladoria o quanto de mão-de-obra e material para a execução dos serviços contratados está se gastando.

Analisando-se a família de cabos de seção nominal de 16 mm² a 500 mm², classe de tensão 0,6/1kV de quatro diferentes fontes, conforme já esperado, foram obtidos resultados bem diferentes. A Fig. 3.2 apresenta a comparação entre as diversas fontes.

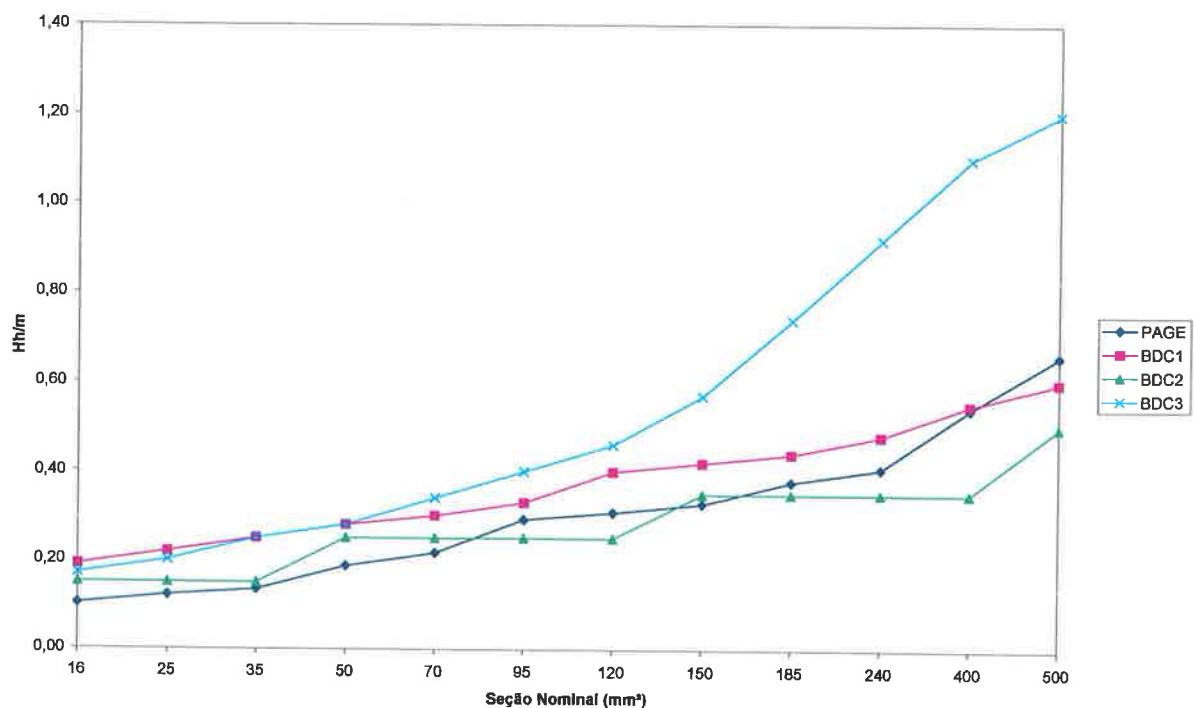


Fig. 3.2 – Comparação dos índices de cabos de potência 0,6/1kV

Analisando o gráfico, obtêm-se as seguintes conclusões:

- As curvas se diferem bastantes umas das outras;
- São matematicamente difíceis de se representar.

3.3.2 Equação Característica

Como eram desconhecidas as condições de campo existentes (experiência da mão-de-obra, equipamentos e ferramentais disponíveis, níveis de interferência, etc.) ou critérios utilizados que resultaram nos dados acima, pode-se obter uma curva média das cinco fontes acompanhada de uma linha de tendência, a partir daí, obtém-se uma equação característica para esta família de cabos. A Fig 3.3 apresenta a curva média das fontes de dados analisadas.

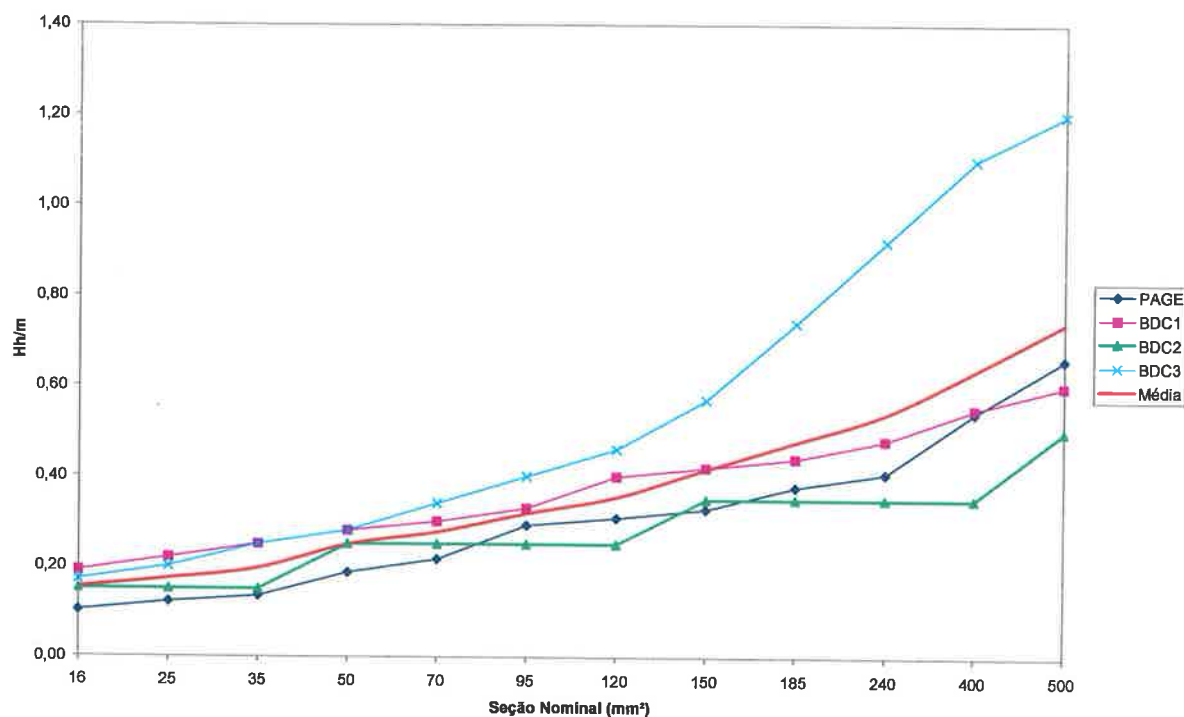


Fig. 3.3 – Curva média dos índices de cabos de potência 0,6/1kV

Daí, pode-se obter a linha de tendência da curva média, conforme apresentado da Fig. 3.4.

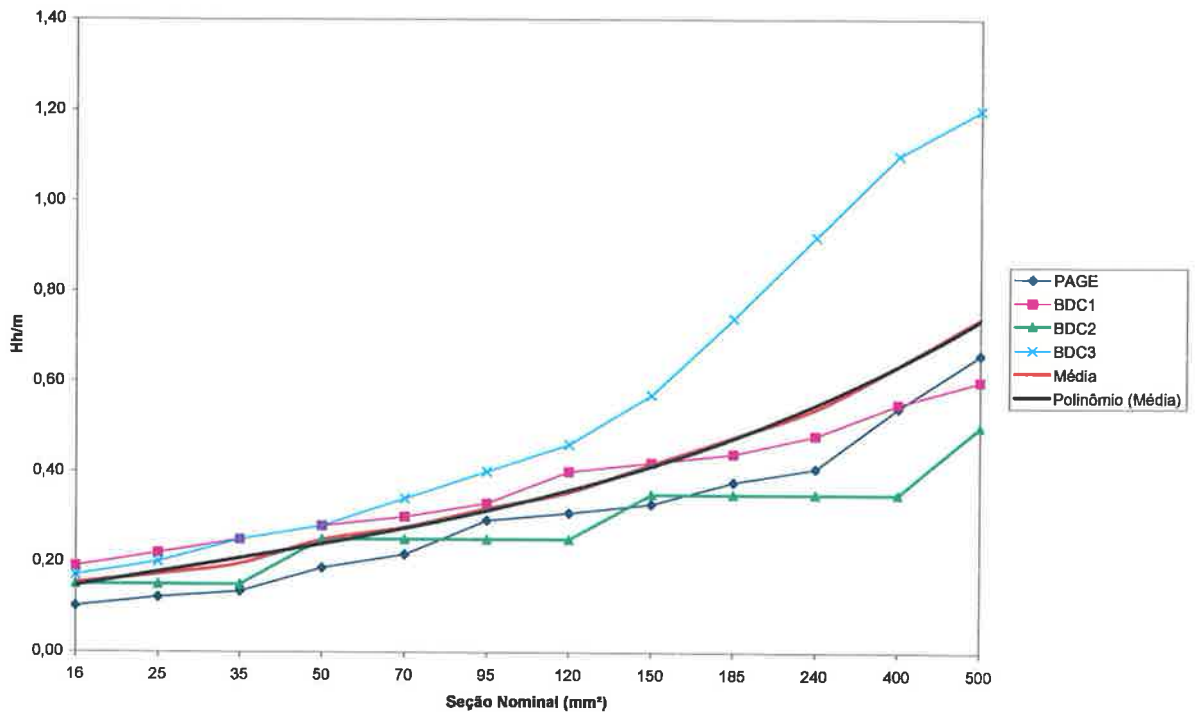


Fig. 3.4 – Linha de tendência da curva média para cabos de potência 0,6/1kV

A linha de tendência que melhor representa os cabos de Potência de 0,6/1kV é o polinômio de terceira ordem. A Fig. 3.5 apresenta somente a linha de tendência da curva média e a sua respectiva equação.

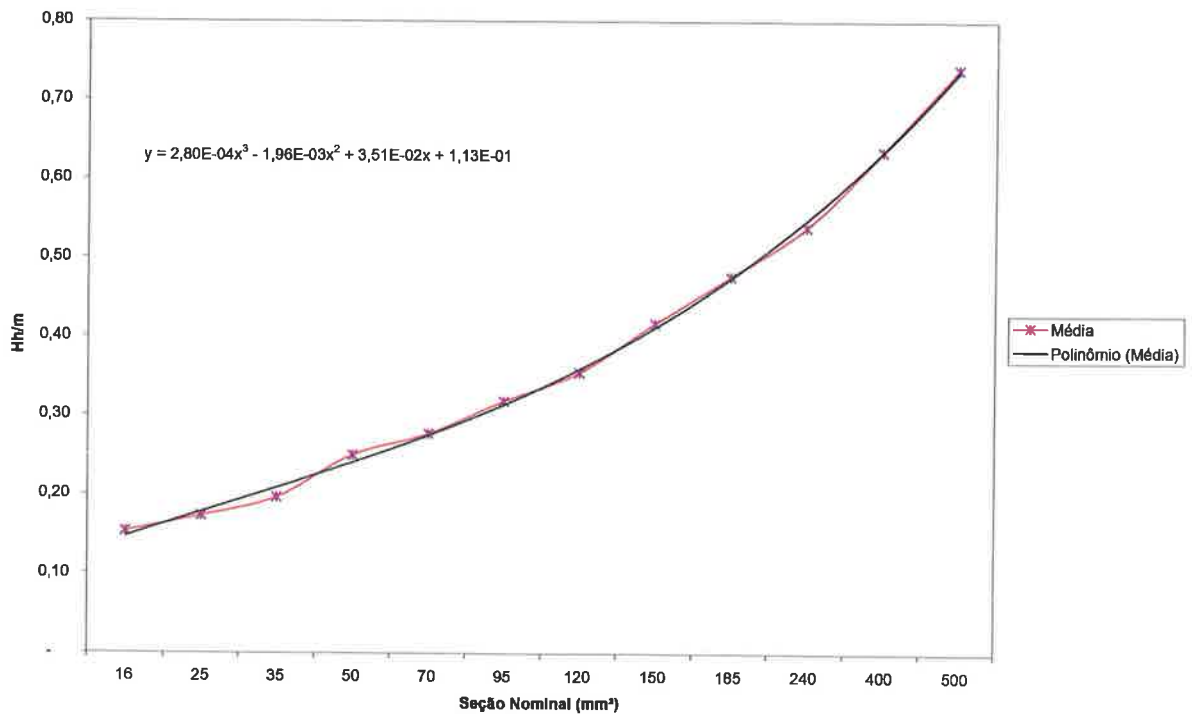


Fig. 3.5 – Polinômio cabos de potência 0,6/1kV

Com a obtenção de uma curva média originária de diversas fontes, pode-se iniciar o estudo, adotando a equação acima obtida como ponto de partida para uma segunda etapa do estudo. Nesta, trata-se de definir as condições e características do local de montagem / instalação, que afetariam negativa ou positivamente os índices de produtividade para o serviço de lançamento de cabos.

Sendo essa curva originária de uma equação, obtida de uma linha de tendência, de uma curva média de diferentes fontes, tem-se assim uma segurança maior com relação aos limites máximos e mínimos permitidos na definição das variáveis de ajuste da curva. A Fig. 3.6 apresenta os valores máximos e mínimos dos bancos de dados analisados.

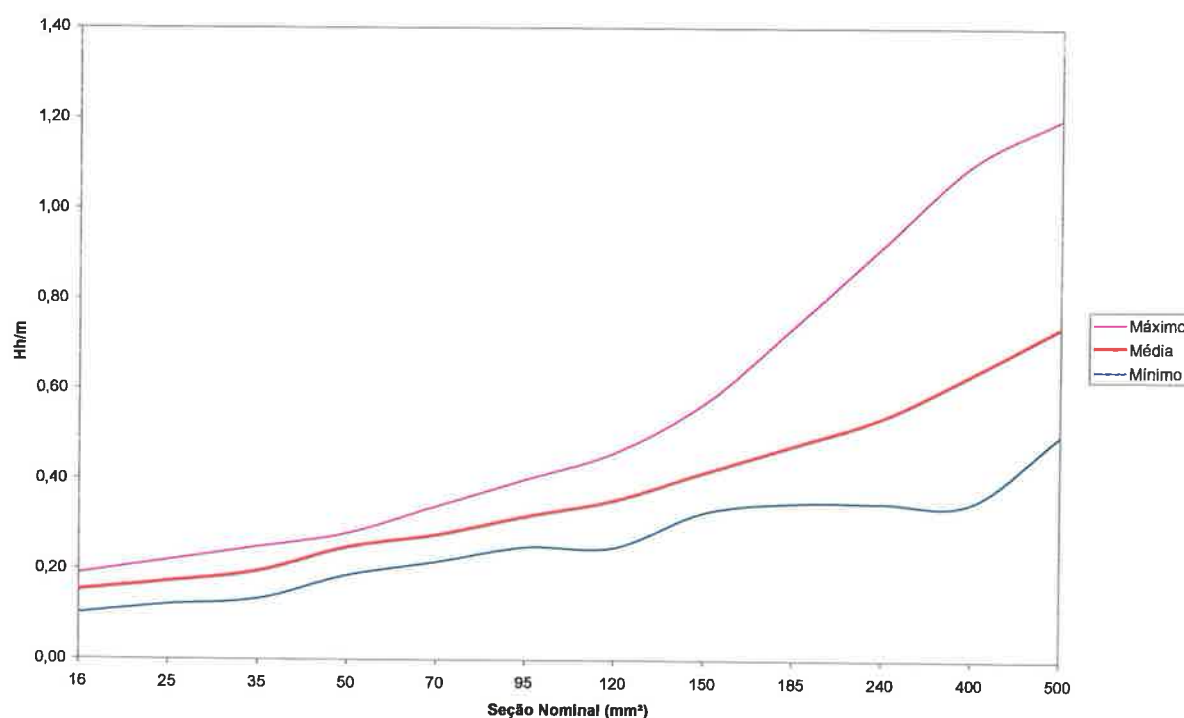


Fig. 3.6 – Curvas média, mínimo e máximo de índices de cabos de potência 0,6/1kV

Assim como para a curva média, pode-se também obter linhas de tendência e equações características para as curvas de máximos e mínimos, conforme apresentado na Fig. 3.7.

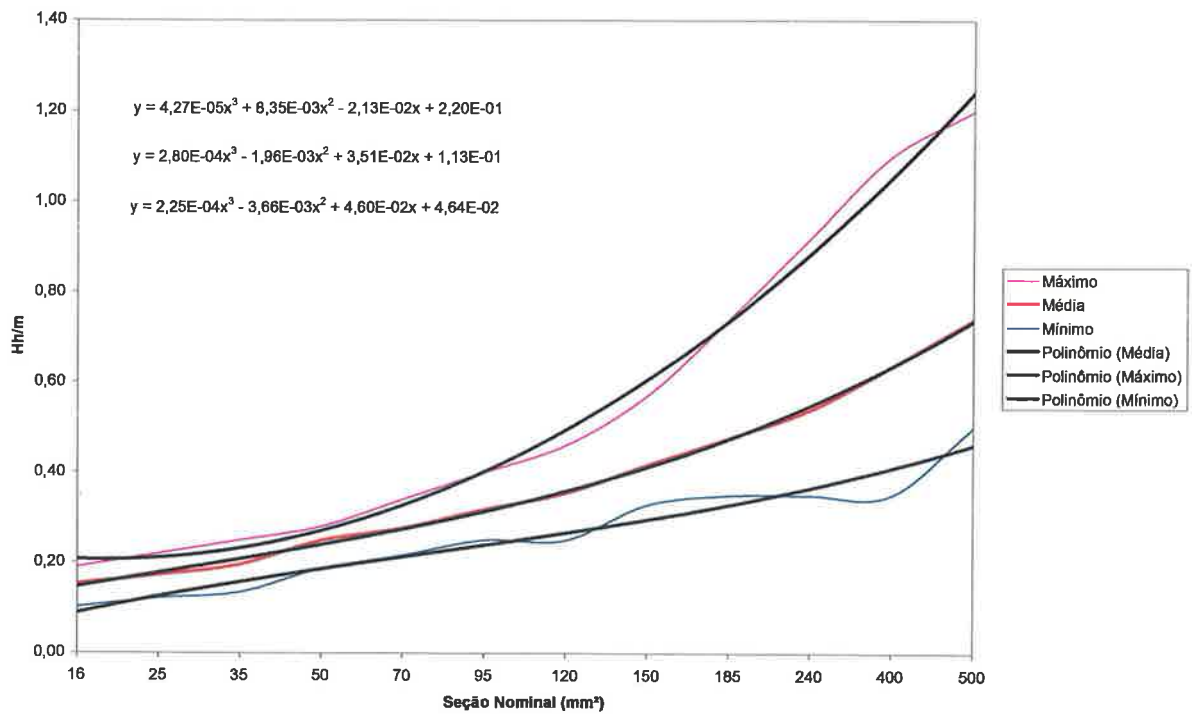


Fig. 3.7 – Polinômios e curvas média, mínima e máxima de cabos de potência 0,6/1kV

A Fig 3.8 apresenta somente as linhas de tendências e equações características das respectivas curvas.

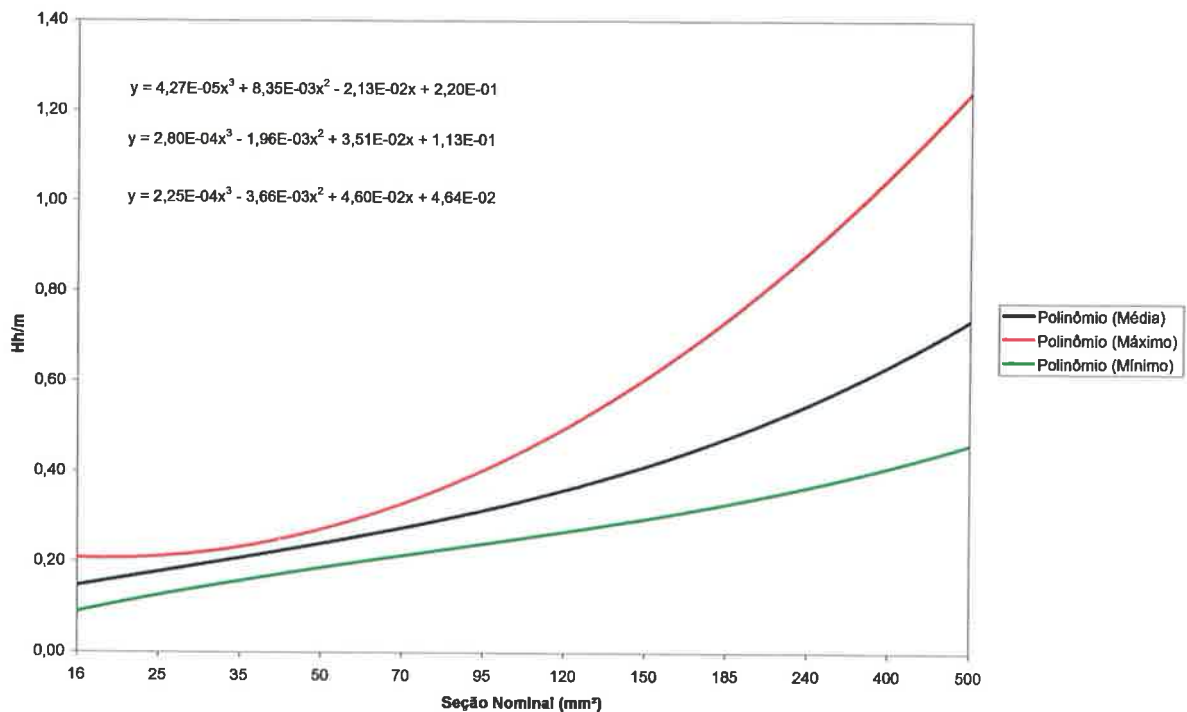


Fig. 3.8 - Polinômios de cabos de potência 0,6/1kV

Da curva média e equações características da Fig. 3.8, pode-se obter uma tabela com os valores médios, máximos e mínimos para os cabos de potência de classe de tensão 0,6/1kV, conforme Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Faixa de índices de Hh de cabos de potência 0,6/1kV

mm ²	Mínimo	Média	Máximo
16	0,09	0,15	0,21
25	0,13	0,18	0,21
35	0,16	0,21	0,23
50	0,19	0,24	0,27
70	0,21	0,27	0,33
95	0,24	0,31	0,4
120	0,27	0,36	0,49
150	0,3	0,41	0,61
185	0,33	0,47	0,74
240	0,37	0,55	0,88
400	0,41	0,63	1,05
500	0,46	0,74	1,24

Os gráficos apresentados foram obtidos a partir do software Microsoft Excel[®], onde as linhas de tendência são usadas para exibir graficamente tendências nos dados e analisar problemas de previsão. Esta análise também é chamada de análise de regressão. Define-se análise de regressão como um formulário de análise estatística utilizado para se fazer previsões. A análise de regressão faz uma estimativa do relacionamento entre variáveis para que uma determinada variável possa ser prevista a partir de outra(s) variável(is). Usando a análise de regressão, pode-se estender uma linha de tendência em um gráfico além dos dados reais, para prever valores futuros.

O Microsoft Excel[®] pode criar seis tipos diferentes de linhas de tendência / regressão,

- Linear;
- Logarítmica;
- Polinomial;
- Potência;
- Exponencial;
- Média móvel.

Os tipos de dados utilizados determinam o tipo de linha de tendência que deve ser usado. Uma linha de tendência é mais segura quando seu valor de R-quadrado é ou aproxima-se de 1, O R-quadrado é também conhecido como coeficiente de determinação, sendo um indicador de 0 a 1 que revela o grau de correspondência entre os valores estimados para a linha de tendência e os dados reais.

Uma linha de tendência polinomial é uma linha curva usada quando há flutuação dos dados. Pode ser utilizada para se analisar ganhos e perdas em um conjunto amplo de dados. A ordem da polinomial pode ser determinada pelo número de flutuações nos dados ou por quantas dobras (picos e vales) aparecem na curva. Uma linha de tendência polinomial de ordem 2, geralmente só possui um pico ou vale. A ordem 3, geralmente, possui um ou dois picos ou vales. A ordem 4, geralmente, possui até três.

A linha de tendência polinomial calcula o ajuste por mínimos quadrados através de pontos, usando a seguinte equação:

$$y = b + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 + \dots + c_6x^6 \quad (2),$$

onde b e $c_1 \dots c_6$ são constantes.

É importante salientar que a equação da Fig. 3.5 é proveniente de uma curva obtida de um gráfico do tipo linhas, que atribui para cada valor de y , um x como sendo uma seqüência de dados linear, iniciado com o número um, diferentemente do gráfico do tipo dispersão que compara pares de valores. Para os dados que estão sendo analisados no presente estudo, os gráficos do tipo linhas foram escolhidos pela melhor visualização gráfica dos dados analisados. A diferença e cuidado que deve ser tomado é na utilização da equação característica obtida do mesmo, uma vez que, para o cálculo dos valores de y , os valores de

x utilizados devem ser relativos ao número da seqüência de dados iniciada em um. As Figs. 3.9 e 3.10 apresentam os mesmos valores de dados plotados nos dois tipos de gráfico.

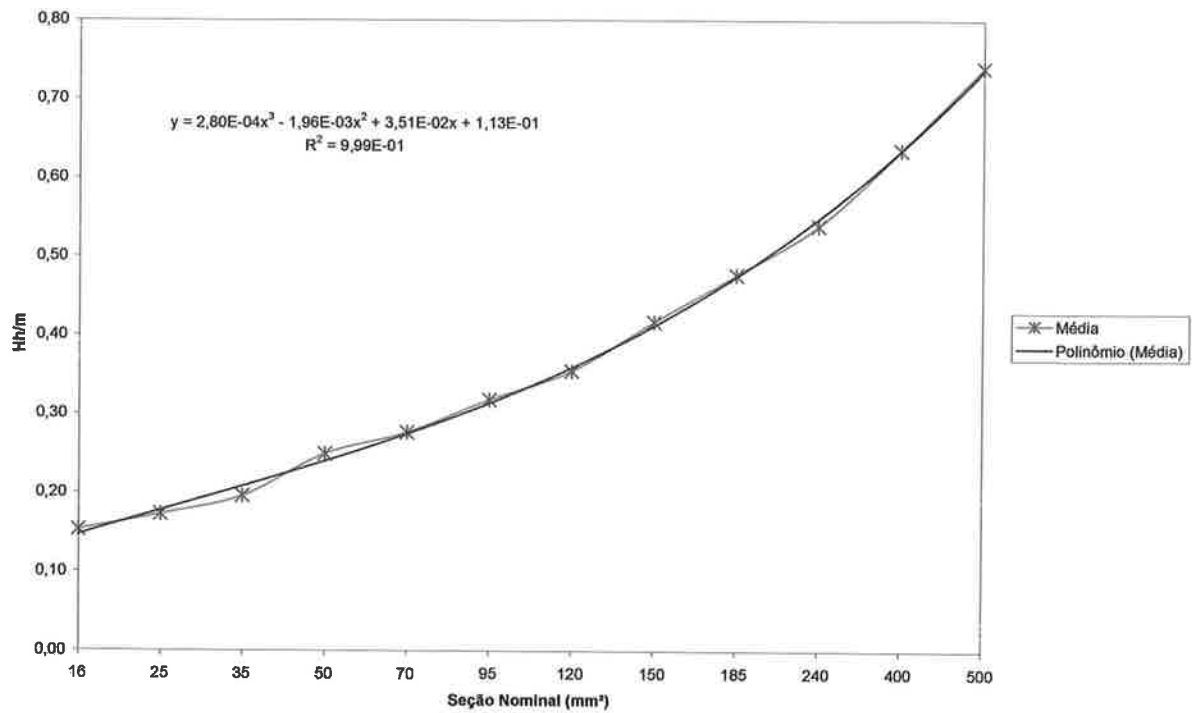


Fig. 3.9 – Gráfico do tipo linhas

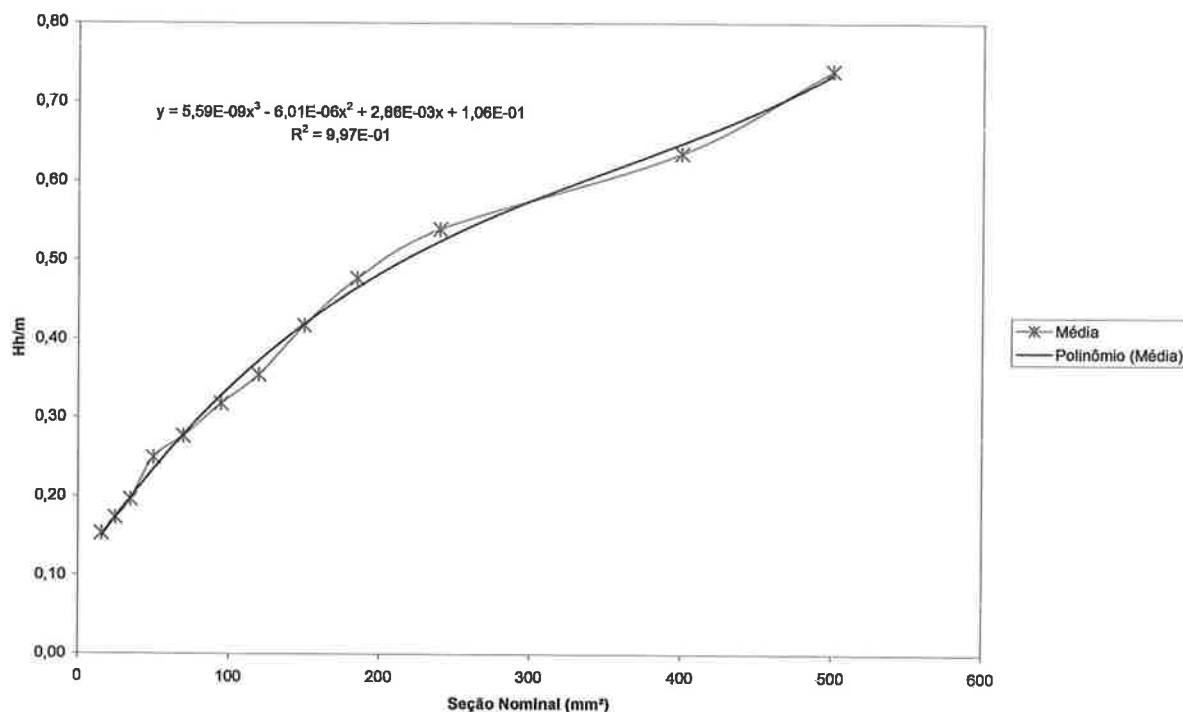


Fig. 3.10 – Gráfico do tipo dispersão

Pode-se notar que, para o caso dos pontos da curva da Fig. 3.10, a maioria dos dados se concentra no início do eixo x , dificultando, assim, sua visualização e ajuste de escala.

3.3.3 Levantamento / Estudo de interferências

Há algumas características próprias dos cabos que influenciam na sua instalação,

- Seção Nominal;
- Tipo de Isolação.

No caso da seção nominal, a variação do índice já é intrínseca ao mesmo, uma vez que identificamos os cabos pela sua Seção nominal.

A massa do cabo pode variar com o tipo de isolamento que o mesmo possuir, e, dependendo do tipo de isolamento, isso afeta a sua massa e maleabilidade, características que refletem diretamente nos índices de montagem.

As características construtivas dos cabos, sejam estas por tipos de isolamento, características especiais ou até mesmo diferenças entre fabricantes, não são os grandes influenciadores para a variação dos índices.

As características do local de instalação são itens de extrema importância para a variação dos índices, como:

- Local de instalação (Eletroduto, Bandeja, Caneta, etc);
- Altura da instalação;
- Quantidade de curvas;
- Lançamento simultâneo de cabos;

No caso do local de instalação, sabe-se que para um eletricista fazer o lançamento de um determinado cabo, há uma diferença significativa de produtividade, caso seja feito em eletrodutos, calhas e canaletas.

Não se pode esquecer também, de outros itens, tais como:

- Transporte do material do almoxarifado para o local de trabalho;
- Conexões, emendas e terminações;
- Perdas.

3.3.4 Local de instalação (eletroduto, bandeja, canaleta)

Como análise inicial, será estudada a variação dos índices pelo tipo e local de lançamento. No exemplo dos Cabos de Potência de 0,6/1kV estudado acima, o Banco de Dados de Cabos 1 (BDC1) utilizado para o levantamento da curva média é originado a partir de dados históricos de montagem eletromecânica. A definição de seus índices os diferencia pelo local de instalação, conforme apresentado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Banco de dados BDC1

Descrição		Comple- mento	Polo	Isolação/ cobertura/ blindagem	Classe de Tensão			Seção		unid	Índice (Hh/m)			
Familia	Genero				de	até	unid	Condu- tores	Unidade		mm2	Eletroduto	Bandeja	Canaleta
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	1,5	m	0,12	0,10	0,09		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	2,5	m	0,16	0,14	0,13		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	4	m	0,16	0,14	0,13		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	6	m	0,16	0,14	0,13		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	10	m	0,18	0,16	0,14		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	16	m	0,19	0,17	0,15		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	25	m	0,22	0,19	0,17		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	35	m	0,25	0,22	0,20		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	50	m	0,28	0,24	0,22		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	70	m	0,30	0,26	0,23		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	95	m	0,33	0,29	0,26		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	120	m	0,40	0,35	0,31		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	150	m	0,42	0,37	0,33		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	185	m	0,44	0,38	0,34		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	240	m	0,48	0,42	0,38		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	300	m	0,50	0,43	0,39		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	400	m	0,55	0,48	0,43		
Cabo	potência		unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	500	m	0,60	0,52	0,47		

O Banco de Dados BDC1 diferencia os índices pelo local de instalação, onde, obviamente, eles são maiores para a instalação em eletrodutos, seguidos pelas bandejas e depois canaletas.

Incluindo-se duas novas colunas a Tabela 3.3, sendo estas X_1 e X_2 , onde:

$$X_1 : Hh_{Eletrod} / Hh_{Canaleta} \quad (3)$$

$$X_2 : Hh_{Bandeja} / Hh_{Canaleta} \quad (4)$$

Ou seja, X_1 é o valor da razão dos índices de Homem-hora para instalação em eletrodutos sobre o índice para instalação em canaletas e X_2 , razão entre instalação em bandeja sobre canaleta. A Tabela 3.4 apresenta o Bando de Dados BDC1 com a inclusão de X_1 e X_2 .

Tabela 3.4 – Banco de dados BDC1 com X_1 e X_2

Descrição		Polo	Isolação/ cobertura/ blindagem	Classe de Tensão			Seção		Unid	Índice (Hh/m)			X_1	X_2		
Família	Gênero			De	Até	Unid	Quantidade	Unidade		Condutores	mm2	Eletroduto			Bandeja	Canaleta
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	1,5	m	0,12	0,10	0,09	1,33	1,11			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	2,5	m	0,16	0,14	0,13	1,23	1,08			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	4	m	0,16	0,14	0,13	1,23	1,08			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	6	m	0,16	0,14	0,13	1,23	1,08			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	10	m	0,18	0,16	0,14	1,29	1,14			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	16	m	0,19	0,17	0,15	1,27	1,13			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	25	m	0,22	0,19	0,17	1,29	1,12			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	35	m	0,25	0,22	0,20	1,25	1,10			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	50	m	0,28	0,24	0,22	1,27	1,09			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	70	m	0,30	0,26	0,23	1,30	1,13			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	95	m	0,33	0,29	0,26	1,27	1,12			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	120	m	0,40	0,35	0,31	1,29	1,13			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	150	m	0,42	0,37	0,33	1,27	1,12			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	185	m	0,44	0,38	0,34	1,29	1,12			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	240	m	0,48	0,42	0,38	1,26	1,11			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	300	m	0,50	0,43	0,39	1,26	1,10			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	400	m	0,55	0,48	0,43	1,26	1,12			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	1	500	m	0,60	0,52	0,47	1,28	1,11			

Analisando os valores de X_1 e X_2 respectivamente, obtém-se um valor médio de:

$$X_{1,médio} = 1,27$$

$$X_{2,médio} = 1,11$$

Ou seja, para o cabo de potência unipolar há uma variação de, aproximadamente, 27% de aumento nos índices de lançamento de canaletas para eletrodutos, e um aumento de 11%, de canaletas para bandejas. Pode-se avaliar o impacto de tal variação com o seguinte exemplo:

Uma fábrica deseja ampliar seu pátio industrial, e um dos serviços a serem executados é a ampliação dos pontos de energia disponíveis para energização de seu maquinário; para isso, é estimada a instalação da seguinte cablagem:

- 500 m de cabo unipolar, seção 25mm², classe de tensão 0,6/1kV;
- 300 m de cabo unipolar, seção 50mm², classe de tensão 0,6/1kV;
- 150 m de cabo unipolar, seção 95mm², classe de tensão 0,6/1kV.

Para o cabo de seção nominal de 25 mm² foi adotado o índice de 0,18Hh/m, 0,24 Hh/m para o cabo de 50mm² e 0,31 Hh/m para o cabo de 95mm². É importante lembrar que os índices adotados são provenientes da curva característica dada pela eq. (5):

$$y = 2,80E - 04x^3 - 1,96E - 03x^2 + 3,51E - 02x + 1,13E - 01 \quad (5),$$

originária da comparação entre as diversas fontes de dados, sendo os índices médios, mínimos e máximos apresentados na Tabela 3.2.

Assim, da Tabela 3.2 tem-se:

- Cabo 25mm²: 0,18Hh/m x 500m = 90 Hh
- Cabo 50mm²: 0,24Hh/m x 300m = 72 Hh
- Cabo 95mm²: 0,31Hh/m x 150m = 46,5 Hh

Num total de 208,5 Homens-hora para execução do serviço, no caso de opção por instalação em eletroduto, o Hh aumentaria para 264,8 Hh - um aumento de, aproximadamente, 27% nos custos da mão-de-obra. Neste caso, não houve variação significativa de X_1 e X_2 em relação à seção nominal do cabo. Pode-se adotar os multiplicadores válidos para todas as seções nominais dos cabos unipolares de 0,6/1kV.

Os valores de X_1 e X_2 ainda não podem ser adotados com segurança, pois foram calculados apenas para a família de cabos unipolares de classe de tensão 0,6/1kV. Para se adotar um valor mais seguro de X_1 e X_2 , deve-se calculá-los para todos os cabos de potência de BDC1. As Tabelas 3.5 e 3.6 apresentam os índices de Homem-hora para as diversas famílias de cabos originários de BDC1.

Tabela 3.5 – Banco de dados BDC1 - Diversos cabos 1

Descrição		Polo	Isolação/ cobertura/ blindagem	Classe de Tensão			Seção		Unid	Índice (Hh/m)			X ₁	X ₂		
Família	Gênero			De	Até	Unid	Quantid ade	Unidade		Condu- tores	mm ²	Eletroduto			Bandeja	Canaleta
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	10	m	0,18	0,16	0,14	1,29	1,14		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	16	m	0,19	0,17	0,15	1,27	1,13		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	25	m	0,22	0,19	0,17	1,29	1,12		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	35	m	0,25	0,22	0,20	1,25	1,10		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	50	m	0,28	0,24	0,22	1,27	1,09		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	70	m	0,30	0,26	0,23	1,30	1,13		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	95	m	0,33	0,29	0,26	1,27	1,12		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	120	m	0,40	0,35	0,31	1,29	1,13		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	150	m	0,42	0,37	0,33	1,27	1,12		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	185	m	0,44	0,38	0,34	1,29	1,12		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	240	m	0,48	0,42	0,38	1,26	1,11		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	300	m	0,50	0,43	0,39	1,26	1,10		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	400	m	0,55	0,48	0,43	1,28	1,12		
Cabo	Força	unipolar	isolado		750	V	1	500	m	0,60	0,52	0,47	1,28	1,11		
												Média	1,28	1,12		
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	1,5	m	0,16	0,14	0,13	1,29	1,14			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	2,5	m	0,17	0,15	0,14	1,27	1,13			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	4	m	0,17	0,15	0,14	1,27	1,13			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	6	m	0,20	0,17	0,15	1,29	1,12			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	10	m	0,23	0,20	0,18	1,25	1,10			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	16	m	0,27	0,23	0,21	1,30	1,13			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	25	m	0,30	0,26	0,23	1,27	1,12			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	35	m	0,38	0,33	0,30	1,27	1,12			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	50	m	0,40	0,34	0,31	1,29	1,12			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	70	m	0,43	0,38	0,34	1,26	1,11			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	95	m	0,50	0,43	0,39	1,26	1,12			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	120	m	0,60	0,53	0,47	1,29	1,13			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	150	m	0,63	0,56	0,50	1,27	1,12			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	185	m	0,66	0,57	0,51	1,29	1,12			
Cabo	potência	bipolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	2	240	m	0,72	0,63	0,57	1,26	1,11			
												Média	1,28	1,12		
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	1,5	m	0,18	0,16	0,14	1,29	1,14			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	2,5	m	0,19	0,17	0,15	1,27	1,13			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	4	m	0,19	0,17	0,15	1,27	1,13			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	6	m	0,22	0,19	0,17	1,29	1,12			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	10	m	0,25	0,22	0,20	1,25	1,10			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	16	m	0,30	0,26	0,23	1,30	1,13			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	25	m	0,33	0,29	0,26	1,27	1,12			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	35	m	0,42	0,37	0,33	1,27	1,12			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	50	m	0,44	0,38	0,34	1,29	1,12			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	70	m	0,48	0,42	0,38	1,26	1,11			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	95	m	0,55	0,48	0,43	1,28	1,12			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	120	m	0,67	0,58	0,52	1,29	1,13			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	150	m	0,70	0,62	0,55	1,27	1,12			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	185	m	0,73	0,63	0,57	1,29	1,12			
Cabo	potência	tripolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	3	240	m	0,80	0,70	0,63	1,26	1,11			
												Média	1,28	1,12		
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	1,5	m	0,20	0,18	0,15	1,29	1,14			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	2,5	m	0,21	0,19	0,17	1,27	1,13			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	4	m	0,21	0,19	0,17	1,27	1,13			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	6	m	0,24	0,21	0,19	1,29	1,12			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	10	m	0,28	0,24	0,22	1,25	1,10			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	16	m	0,33	0,29	0,25	1,30	1,13			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	25	m	0,38	0,32	0,29	1,27	1,12			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	35	m	0,46	0,41	0,36	1,27	1,12			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	50	m	0,48	0,42	0,37	1,29	1,12			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	70	m	0,53	0,46	0,42	1,26	1,11			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	95	m	0,61	0,53	0,47	1,28	1,12			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	120	m	0,73	0,64	0,57	1,29	1,13			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	150	m	0,77	0,68	0,61	1,27	1,12			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	185	m	0,81	0,70	0,62	1,29	1,12			
Cabo	potência	tetrapolar	isolado/coberto	0,6/1,0	kV	4	240	m	0,88	0,77	0,70	1,26	1,11			
												Média	1,28	1,12		

Tabela 3.6 – Banco de dados BDC1 - Diversos cabos 2

Descrição		Polo	Isolação/ cobertura/ blindagem	Classe de Tensão			Seção		Unid	Índice (Hh/m)			X ₁	X ₂		
Família	Gênero			De	Até	Unid	Quantidade	Unidade		Condutores	mm ²	Eletroduto			Bandeja	Canaleta
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	3,6/6	kV	1	10	m	0,24	0,22	0,20	1,24	1,10			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	6/10	kV	1	16	m	0,26	0,23	0,21	1,22	1,09			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	8,7/15	kV	1	25	m	0,30	0,26	0,24	1,25	1,08			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	8,7/15	kV	1	35	m	0,34	0,30	0,28	1,21	1,06			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	8,7/15	kV	1	50	m	0,38	0,33	0,32	1,19	1,03			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	8,7/15	kV	1	70	m	0,41	0,36	0,34	1,21	1,06			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	8,7/15	kV	1	95	m	0,45	0,39	0,38	1,18	1,03			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	8,7/15	kV	1	120	m	0,54	0,47	0,45	1,20	1,04			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	8,7/15	kV	1	150	m	0,56	0,49	0,47	1,19	1,04			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	8,7/15	kV	1	185	m	0,58	0,50	0,48	1,21	1,04			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	8,7/15	kV	1	240	m	0,65	0,57	0,54	1,20	1,06			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	8,7/15	kV	1	300	m	0,68	0,59	0,57	1,19	1,04			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	8,7/15	kV	1	400	m	0,72	0,63	0,60	1,20	1,05			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	8,7/15	kV	1	500	m	0,78	0,68	0,65	1,20	1,05			
											Média	1,21	1,05			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	3,6/6	kV	3	10	m	0,41	0,36	0,34	1,21	1,06			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	6/10	kV	3	16	m	0,45	0,39	0,38	1,18	1,03			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	8,7/15	kV	3	25	m	0,54	0,47	0,45	1,20	1,04			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	8,7/15	kV	3	35	m	0,56	0,49	0,47	1,19	1,04			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	8,7/15	kV	3	50	m	0,58	0,50	0,48	1,21	1,04			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	8,7/15	kV	3	70	m	0,65	0,57	0,54	1,20	1,06			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	8,7/15	kV	3	95	m	0,68	0,59	0,57	1,19	1,04			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	8,7/15	kV	3	120	m	0,72	0,63	0,60	1,20	1,05			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	8,7/15	kV	3	150	m	0,78	0,68	0,65	1,20	1,05			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	8,7/15	kV	3	185	m	0,87	0,75	0,72	1,21	1,04			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	8,7/15	kV	3	240	m	0,98	0,86	0,81	1,20	1,06			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	8,7/15	kV	3	300	m	1,02	0,89	0,86	1,19	1,04			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	8,7/15	kV	3	400	m	1,08	0,95	0,90	1,20	1,05			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	8,7/15	kV	3	500	m	1,17	1,02	0,98	1,20	1,05			
											Média	1,20	1,04			
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	12/20	15/25	kV	1	35	m	0,38	0,33	0,32	1,17	1,03		
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	1	50	m	0,42	0,36	0,35	1,19	1,02		
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	1	70	m	0,45	0,39	0,37	1,22	1,06		
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	1	95	m	0,50	0,44	0,42	1,19	1,05		
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	1	120	m	0,60	0,52	0,51	1,18	1,02		
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	1	150	m	0,65	0,57	0,55	1,18	1,04		
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	1	185	m	0,70	0,61	0,59	1,19	1,03		
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	1	240	m	0,75	0,65	0,64	1,17	1,02		
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	1	300	m	0,78	0,68	0,66	1,18	1,03		
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	1	400	m	0,80	0,70	0,68	1,18	1,03		
Cabo	potência	unipolar	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	1	500	m	0,85	0,74	0,72	1,18	1,03		
											Média	1,16	1,03			
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	12/20	15/25	kV	3	35	m	0,75	0,65	0,64	1,17	1,02		
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	3	50	m	0,78	0,68	0,66	1,18	1,03		
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	3	70	m	0,80	0,70	0,68	1,18	1,03		
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	3	95	m	0,83	0,72	0,70	1,19	1,03		
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	3	120	m	0,85	0,74	0,72	1,18	1,03		
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	3	150	m	0,98	0,86	0,83	1,18	1,04		
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	3	185	m	1,05	0,92	0,89	1,19	1,03		
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	3	240	m	1,13	0,98	0,96	1,17	1,02		
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	3	300	m	1,17	1,02	0,99	1,18	1,03		
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	3	400	m	1,20	1,05	1,02	1,18	1,03		
Cabo	potência	triplexado	isolado/coberto	12/20	20/35	kV	3	500	m	1,28	1,11	1,08	1,18	1,03		
											Média	1,18	1,03			

Pode-se comparar os respectivos valores médios de X_1 e X_2 , conforme Tabela:3.7.

Tabela 3.7 – Comparação X_1 e X_2 médios

Cabo	X ₁ médio	X ₂ médio
Cabo Força unipolar isolado 750 V	1,28	1,12
Cabo Potência unipolar isolado/coberto 0,6/1,0 kV	1,27	1,11
Cabo Potência bipolar isolado/coberto 0,6/1,0 kV	1,28	1,11
Cabo Potência tripolar isolado/coberto 0,6/1,0 kV	1,28	1,12
Cabo Potência tetrapolar isolado/coberto 0,6/1,0 kV	1,28	1,12
Cabo Potência unipolar isolado/coberto 8,7/15 kV	1,21	1,05
Cabo Potência tripolar isolado/coberto 8,7/15 kV	1,20	1,04
Cabo Potência unipolar isolado/coberto 20/35 kV	1,18	1,03
Cabo Potência tripolar isolado/coberto 20/35 kV	1,18	1,03
Cabo Uso geral nu	1,27	1,11

Analisando-se a Tabela 3.7, pode-se definir com maior segurança o multiplicador (X_1 e X_2) para ajuste dos índices com relação ao local de montagem (eletroduto, bandeja, canaleta). Observa-se que X_1 e X_2 médios tendem ao mesmo valor para as mesmas classes de tensão, aproximadamente 1,28 e 1,12 para cabos de até 0,6/1,0kV, 1,21 e 1,05 para cabos de 8,7/15kV, 1,18 e 1,03 para cabos de 20/35kV.

Uma das características essenciais para a variação dos índices de cabos é a sua massa, ou seja, evidentemente, quanto maior o peso, mais difícil é seu transporte e preparação para instalação e eventual reparo. No caso acima, uma suspeita para a diminuição de X_1 e X_2 com o aumento da classe de tensão ou seja, o aumento do peso, pode ser devido ao fato de a característica “peso” estar influenciando mais a execução do serviço do que o próprio local de instalação.

Voltando à análise com relação às variáveis X_1 e X_2 , observa-se também para os outros cabos apresentados a variação de X_1 e X_2 com relação ao diâmetro; novamente, não se pode admitir uma relação analítica dos mesmos, pois para todos os cabos não foi obtido um comportamento linear, conforme indicado na Fig. 3.11.

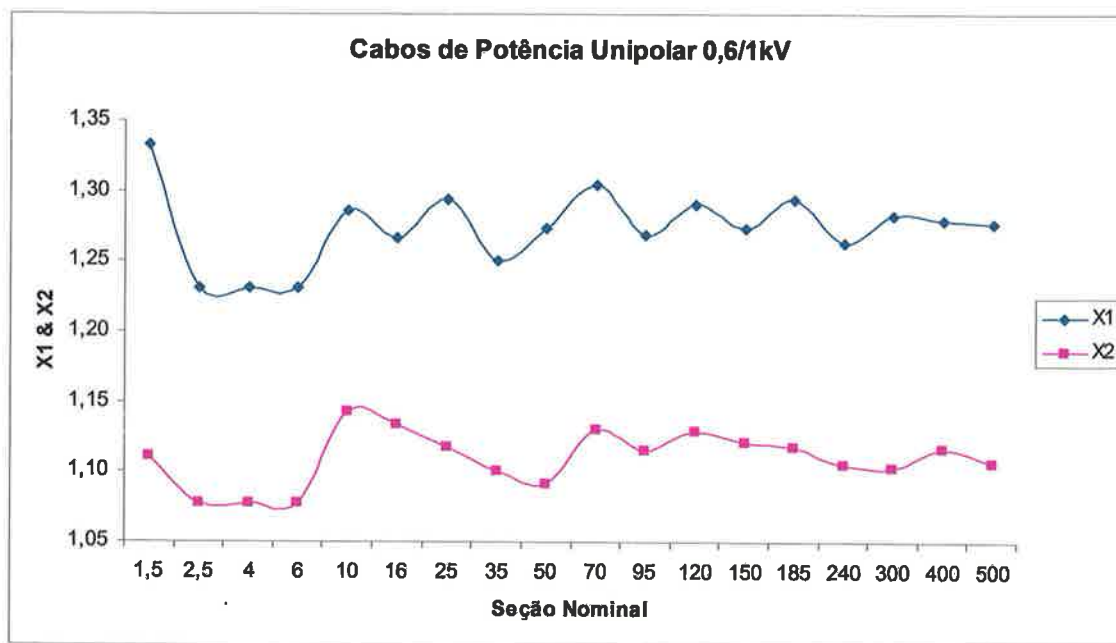


Fig. 3.11 – Relação entre X_1 e X_2 e a seção nominal dos cabos de potência

3.3.5 Altura de instalação

Uma das características em que se deve prestar atenção durante o orçamento da instalação de cabos elétricos, além do local de instalação, é também a altura do mesmo. Page [14] apresenta uma tabela com diferenciação dos índices de instalações elétricas, onde há uma diferenciação dos índices em função da altura de instalação dos cabos, conforme Tabelas 3.8, 3.9, 3.10 e 3.11.

Tabela 3.8 – Índices Hh cabos de potência para instalação a 3 metros de altura
(adaptada de [14])

Stranded Copper Wire - Rubber Insulated Single Conductor - 600V For heights to 10 Feet MANHOURS PER LINEAR FOOT AND NUMBER OF WIRES LISTED												
Wire Size AWG/MCM	Runs in Length											
	31' to 50'				51' to 100'				101' to 200'			
	Number of Wires				Number of Wires				Number of Wires			
	2	3	4	6	2	3	4	6	2	3	4	6
6	0,031	0,036	0,043	0,056	0,029	0,032	0,036	0,046	0,027	0,029	0,033	0,040
4	0,037	0,043	0,051	0,066	0,034	0,037	0,043	0,054	0,032	0,035	0,039	0,047
2	0,041	0,047	0,057	0,074	0,038	0,042	0,048	0,060	0,035	0,038	0,042	0,051
1	0,047	0,054	0,065	0,084	0,043	0,047	0,054	0,068	0,040	0,043	0,048	0,059
1/0	0,057	0,066	0,079	0,102	0,052	0,057	0,066	0,082	0,049	0,053	0,059	0,072
2/0	0,066	0,076	0,091	0,118	0,061	0,067	0,077	0,096	0,057	0,062	0,069	0,083
3/0	0,077	0,089	0,106	0,138	0,071	0,078	0,090	0,112	0,066	0,071	0,080	0,097
4/0	0,089	0,102	0,123	0,160	0,082	0,090	0,104	0,130	0,077	0,083	0,093	0,107
250	0,094	0,108	0,130	0,169	0,086	0,095	0,109	0,136	0,081	0,087	0,098	0,119
300	0,100	0,115	0,138	0,179	0,092	0,101	0,116	0,145	0,086	0,093	0,104	0,126
350	0,106	0,122	0,146	0,190	0,098	0,108	0,124	0,155	0,091	0,098	0,110	0,133
400	0,115	0,132	0,159	0,206	0,106	0,117	0,134	0,168	0,099	0,107	0,120	0,145
500	0,124	0,143	0,171	0,222	0,114	0,125	0,144	0,180	0,107	0,116	0,129	0,157
750	0,165	0,190	0,228	0,296	0,152	0,167	0,192	0,240	0,142	0,153	0,172	0,208
1000	0,201	0,231	0,277	0,361	0,185	0,204	0,234	0,293	0,173	0,187	0,209	0,253

Tabela 3.9 – Índices Hh cabos de potência para instalação a 4,6 metros de altura
(adaptada de [14])

For heights to 15 Feet MANHOURS PER LINEAR FOOT AND NUMBER OF WIRES LISTED												
Wire Size AWG/MCM	Runs in Length											
	31' to 50'				51' to 100'				101' to 200'			
	Number of Wires				Number of Wires				Number of Wires			
	2	3	4	6	2	3	4	6	2	3	4	6
6	0,033	0,038	0,046	0,056	0,030	0,033	0,038	0,041	0,028	0,030	0,034	0,041
4	0,040	0,046	0,055	0,072	0,037	0,041	0,047	0,059	0,034	0,037	0,041	0,050
2	0,044	0,051	0,061	0,079	0,040	0,044	0,051	0,063	0,038	0,041	0,046	0,056
1	0,051	0,059	0,070	0,091	0,047	0,052	0,059	0,074	0,044	0,048	0,053	0,064
1/0	0,062	0,071	0,086	0,111	0,057	0,063	0,072	0,090	0,053	0,057	0,064	0,078
2/0	0,071	0,082	0,098	0,127	0,065	0,072	0,082	0,103	0,061	0,066	0,074	0,089
3/0	0,083	0,095	0,115	0,149	0,076	0,084	0,096	0,120	0,071	0,077	0,086	0,104
4/0	0,096	0,110	0,132	0,172	0,088	0,097	0,111	0,139	0,083	0,090	0,100	0,121
250	0,102	0,117	0,141	0,183	0,094	0,103	0,119	0,149	0,088	0,095	0,106	0,129
300	0,108	0,124	0,149	0,194	0,099	0,109	0,125	0,157	0,093	0,100	0,112	0,136
350	0,114	0,131	0,157	0,205	0,105	0,116	0,133	0,166	0,098	0,106	0,119	0,143
400	0,124	0,143	0,171	0,222	0,114	0,125	0,144	0,180	0,107	0,116	0,129	0,157
500	0,134	0,154	0,185	0,240	0,123	0,135	0,156	0,194	0,115	0,124	0,139	0,168
750	0,178	0,205	0,246	0,319	0,164	0,180	0,207	0,259	0,153	0,165	0,185	0,224
1000	0,217	0,250	0,299	0,389	0,200	0,220	0,253	0,316	0,187	0,202	0,226	0,274

Tabela 3.10 – Índices Hh cabos de potência para instalação a 6,1 metros de altura
(adaptada de [14])

For heights to 20 Feet MANHOURS PER LINEAR FOOT AND NUMBER OF WIRES LISTED												
Wire Size AWG/MCM	Runs in Length											
	31' to 50'				51' to 100'				101' to 200'			
	Number of Wires				Number of Wires				Number of Wires			
	2	3	4	6	2	3	4	6	2	3	4	6
6	0,034	0,039	0,047	0,061	0,031	0,034	0,039	0,049	0,029	0,031	0,035	0,042
4	0,042	0,048	0,058	0,075	0,039	0,043	0,049	0,062	0,036	0,039	0,044	0,053
2	0,046	0,053	0,063	0,083	0,042	0,046	0,053	0,066	0,040	0,043	0,048	0,059
1	0,053	0,061	0,073	0,095	0,049	0,054	0,062	0,077	0,046	0,050	0,056	0,067
1/0	0,064	0,074	0,088	0,115	0,059	0,065	0,075	0,093	0,055	0,059	0,067	0,080
2/0	0,074	0,085	0,102	0,133	0,068	0,075	0,086	0,108	0,064	0,069	0,077	0,094
3/0	0,086	0,099	0,119	0,154	0,079	0,087	0,100	0,125	0,074	0,080	0,090	0,108
4/0	0,100	0,115	0,138	0,179	0,092	0,101	0,116	0,145	0,086	0,093	0,104	0,126
250	0,106	0,122	0,146	0,190	0,098	0,108	0,124	0,155	0,091	0,098	0,110	0,133
300	0,112	0,129	0,155	0,201	0,103	0,113	0,130	0,163	0,096	0,104	0,116	0,141
350	0,119	0,137	0,164	0,213	0,109	0,120	0,138	0,172	0,102	0,110	0,123	0,149
400	0,129	0,148	0,178	0,231	0,119	0,131	0,151	0,188	0,111	0,120	0,134	0,162
500	0,139	0,160	0,192	0,249	0,128	0,141	0,162	0,202	0,120	0,130	0,145	0,176
750	0,177	0,204	0,244	0,318	0,163	0,179	0,206	0,258	0,152	0,164	0,184	0,222
1000	0,226	0,260	0,312	0,405	0,208	0,229	0,263	0,329	0,194	0,210	0,235	0,284

Tabela 3.11 – Índices Hh cabos de potência para instalação a 7,6 metros de altura
(adaptada de [14])

For heights to 25 Feet												
MANHOURS PER LINEAR FOOT AND NUMBER OF WIRES LISTED												
Wire Size AWG/MCM	Runs in Length											
	31' to 50'				51' to 100'				101' to 200'			
	Number of Wires				Number of Wires				Number of Wires			
	2	3	4	6	2	3	4	6	2	3	4	6
6	0,035	0,040	0,048	0,063	0,032	0,035	0,040	0,051	0,030	0,032	0,036	0,044
4	0,043	0,049	0,059	0,077	0,040	0,044	0,051	0,063	0,037	0,040	0,045	0,054
2	0,047	0,054	0,065	0,084	0,043	0,047	0,054	0,068	0,040	0,043	0,048	0,059
1	0,055	0,063	0,076	0,099	0,051	0,056	0,065	0,081	0,047	0,051	0,057	0,069
1/0	0,066	0,076	0,091	0,118	0,061	0,067	0,077	0,096	0,057	0,062	0,069	0,083
2/0	0,076	0,087	0,105	0,136	0,070	0,077	0,089	0,111	0,065	0,070	0,079	0,095
3/0	0,089	0,102	0,123	0,160	0,082	0,090	0,104	0,130	0,077	0,083	0,093	0,107
4/0	0,103	0,118	0,142	0,185	0,095	0,105	0,120	0,150	0,089	0,096	0,108	0,130
250	0,109	0,125	0,150	0,196	0,100	0,111	0,127	0,158	0,094	0,102	0,114	0,138
300	0,115	0,132	0,159	0,206	0,106	0,117	0,134	0,168	0,099	0,107	0,120	0,145
350	0,123	0,141	0,170	0,221	0,113	0,124	0,143	0,179	0,106	0,114	0,128	0,155
400	0,133	0,153	0,184	0,239	0,122	0,134	0,154	0,193	0,114	0,123	0,138	0,167
500	0,143	0,164	0,197	0,257	0,132	0,145	0,167	0,209	0,123	0,133	0,149	0,180
750	0,182	0,209	0,251	0,327	0,167	0,184	0,211	0,264	0,157	0,170	0,190	0,230
1000	0,233	0,268	0,322	0,418	0,214	0,235	0,271	0,338	0,200	0,216	0,242	0,293

Analisando as tabelas 3.8, 3.9, 3.10 e 3.11 nota-se que o autor não só diferencia os índices pela altura de instalação, mas também pela quantidade de cabos a serem lançados simultaneamente, bem como do comprimento do lançamento.

Analisando-se os índices com relação à altura de instalação, foram obtidos os seguintes aumentos percentuais lineares para todos os índices:

- 10 → 15 ft (3,05 → 4,57 m), aumento de 8% nos índices.
- 15 → 20 ft (4,57 → 6,00 m), aumento de 4% nos índices.
- 20 → 25 ft (6,00 → 7,62 m), aumento de 3% nos índices.

Analisando-se de 10 → 25 ft (3,05 → 7,62 m), tem-se 15% de aumento nos índices.

3.3.6 Comprimento do lançamento

Os índices de Homem-hora para o lançamento de cabos, seja este em eletroduto, bandeja ou canaleta, devem considerar a preparação do material para execução do serviço, tais como transporte ao local de instalação, preparação do mesmo para a passagem em locais estreitos

com a colocação de lubrificantes nos cabos, identificação dos cabos, entre outros. Segundo índices de Page [14], obtém-se as seguintes variações dos índices com relação ao comprimento de lançamento:

Tabela 3.12 – Análise do comprimento de lançamento para instalação de cabos de potência

Análise Comprimento lançamento							
51' to 100' / 31' to 50'				101' to 200' / 31' to 50'			
2	3	4	6	2	3	4	6
0,94	0,89	0,84	0,82	0,87	0,81	0,77	0,71
0,92	0,86	0,84	0,82	0,86	0,81	0,76	0,71
0,93	0,89	0,84	0,81	0,85	0,81	0,74	0,69
0,91	0,87	0,83	0,81	0,85	0,80	0,74	0,70
0,91	0,86	0,84	0,80	0,86	0,80	0,75	0,71
0,92	0,88	0,85	0,81	0,86	0,82	0,76	0,70
0,92	0,88	0,85	0,81	0,86	0,80	0,75	0,70
0,92	0,88	0,85	0,81	0,87	0,81	0,76	0,67
0,91	0,88	0,84	0,80	0,86	0,81	0,75	0,70
0,92	0,88	0,84	0,81	0,86	0,81	0,75	0,70
0,92	0,89	0,85	0,82	0,86	0,80	0,75	0,70
0,92	0,89	0,84	0,82	0,86	0,81	0,75	0,70
0,92	0,87	0,84	0,81	0,86	0,81	0,75	0,71
0,92	0,88	0,84	0,81	0,86	0,81	0,75	0,70
0,92	0,88	0,84	0,81	0,86	0,81	0,75	0,70
0,92	0,88	0,84	0,81	0,86	0,81	0,75	0,70

A Tabela 3.12 calcula a razão da variação dos índices com relação ao comprimento de lançamento dos cabos. A última linha apresenta o valor médio das respectivas colunas, sendo que as mesmas representam as razões dos índices de 51' a 100' (15,54 a 30,48 m) por 31' a 50' (9,45 a 15,24 m) e de 101' a 200' (30,78 a 60,96 m) por 51' a 100' (15,54 a 30,48 m) para as quantidades de cabos indicadas na primeira linha.

Neste caso, observa-se uma diminuição nos índices de 8 a 30%, conforme o aumento do comprimento de lançamento e do número de cabos a serem lançados simultaneamente.

3.3.7 Conclusões – Cabos de potência

Dentro do estudo de cabos, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- Existe uma variação significativa com relação aos índices de Hh relacionados ao local de instalação; no caso de eletroduto, bandeja ou canaleta, tal variação pode chegar a 27%, considerando cabos de potência de classes de tensão 0,6/1kV;
- No caso da altura de instalação, dependendo da altura a serem instalados os cabos, pode haver um aumento nos índices de até 15%;
- Com relação ao comprimento do lançamento, foram obtidas variações de diminuição nos índices de 8 a 30% ou seja, um aumento na produtividade proporcional aos comprimentos dos trechos de lançamento.

Foram analisadas três condições que podem ser facilmente identificadas na etapa do orçamento. Considerando o local de instalação, o orçamentista não precisa nem consultar as plantas para descobrir onde será feito seu lançamento, pois a informação pode estar presente nas planilhas de quantidades, a não ser que a instalação seja em locais onde os eletrodutos, bandejas ou canaletas já estejam instalados ou os mesmos não façam parte do escopo da obra.

A altura do local de instalação é outra informação facilmente obtida nas plantas de projeto ou anteprojeto elétrico; o mesmo acontece para o comprimento de lançamento.

Dependendo da complexidade da instalação, determinadas informações, tais como número de condutores a serem lançados simultaneamente por trecho, podem necessitar de uma análise mais criteriosa das plantas elétricas fornecidas. Tais condições podem variar muito no momento real da execução da atividade, e não é objetivo deste estudo apresentar critérios que

demandem muito tempo de análise e possam fugir muito da realidade da obra, consumindo, desta forma, um tempo elevado do profissional na etapa do orçamento. É preciso lembrar que, em uma concorrência, a falta de informações e o curto tempo são um dos dois maiores inimigos do orçamentista.

Sendo assim, pode-se apresentar a tabela com os multiplicadores para otimização dos índices, conforme Tabela 3.13.

Tabela 3.13 – Tabela de otimização de índices para cabos de potência

Serviço:	Multiplicador
Lançamento de cabos de Potência	
Local de instalação*	
- Instalação em bandeja	1,11
- Instalação em eletroduto	1,27
Altura de instalação	
- Até 3 metros	--
- De 3,1 a 4,5 metros	1,08
- De 4,6 a 6,0 metros	1,12
- De 6,1 a 7,5 metros	1,15
Comprimento do lançamento	
- Até 15 metros	--
- De 15 a 30 metros**	0,81 – 0,92
- De 31 a 60 metros**	0,70 – 0,86

* Referência - Instalação em canaleta

** Variação em função da quantidade de cabos a ser lançado simultaneamente.

3.4 Eletrodutos

No estudo realizado para os cabos elétricos foi apresentada uma diferença significativa com relação ao local de instalação, seja este em eletroduto, calha ou canaleta. A maioria dos índices relacionados a eletrodutos são dados em Hh/m, o que não deixa de ser prático e condizente com as informações fornecidas pelo cliente, seja por planilha de materiais elétricos originários de projetista ou pelo levantamento de quantidades originárias de plantas dos locais de instalação.

Porém, sabe-se que a instalação de eletrodutos, calhas e canaletas não é feita apenas de trechos lineares, e sim também de curvas, caixas de derivação, ligação, passagem, “tees” e cruzetas.

Considerando os eletrodutos, não se pode esquecer que, no caso de curvas, as suas formas devem ser moldadas para acompanhá-las; um provável corte pode ocorrer e a necessidade de criação de uma emenda tipo rosca deve ser considerada. A Fig. 3.12 apresenta o procedimento.

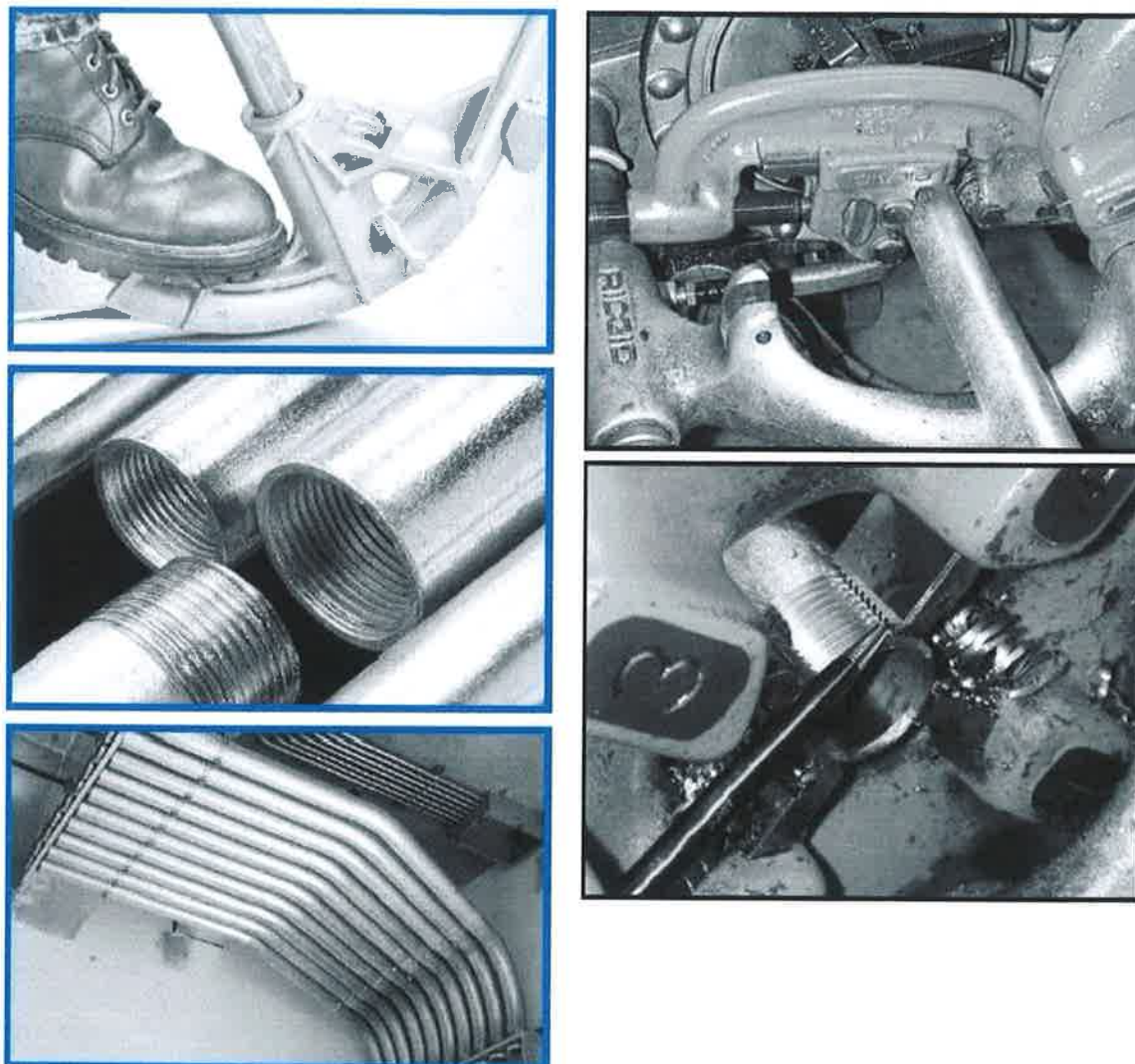


Fig. 3.12 - Corte, curva, preparação de rosca em eletrodutos
Fonte: Catálogos diversos

3.4.1 Comparação entre os diversos índices

Analisando-se a família de Eletrodutos rígidos de Aço galvanizado de 1/2 a 6 polegadas, tem-se os seguintes índices de quatro fontes distintas, conforme Tabela 3.14.

Tabela 3.14 – Comparação dos índices de eletrodutos

Descrição	Material de fabricação	Ø	Índice Homem-hora					
			SSO-SP [Hh/m]	BDE1 [Hh/m]	BDE2 [Hh/m]	Média SSO-SP, BDE1 e BDE2	Page	
		pol.					Hh/100ft	Hh/m
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	1/2	1	0,6	0,45	0,68	6,64	0,22
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	3/4	1,2	0,8	0,68	0,89	8,12	0,27
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	1	1,4	1	0,9	1,10	8,32	0,27
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	1.1/4	1,6	1,1	1,13	1,28	8,35	0,27
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	1.1/2	1,8	1,2	1,35	1,45	9,95	0,33
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	2	2	1,4	1,8	1,73	13,27	0,44
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	2.1/2	2,4	1,6	2,25	2,08	18,53	0,61
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	3	3	1,8	2,7	2,50	24,48	0,8
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	4	4	2,2	3,6	3,27	35,24	1,16
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	5	5	2,5	4,5	4,00	48,16	1,58
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	6	6	3	5,4	4,80	62,23	2,04

Os índices apresentados na três primeiras colunas são originários de fontes de dados nacionais e especialistas no assunto: Bancos de Dados de Eletrodutos (BDE) de 1 e 2. A fonte de dados das duas últimas colunas é proveniente de um autor de origem norte-americana [14], sendo, desta forma, necessária a conversão de Hh/100ft para Hh/m.

O Banco de Dados de Eletrodutos 2 (BDE2) é proveniente de um especialista na área de orçamentos de montagem que adota o seguinte critério: o valor do Hh por metro linear de eletroduto de aço galvanizado pode ser obtido pela seguinte equação eq.(6):

$$w_{\phi} = 0,9.\phi \quad (6),$$

Onde:

- w_{ϕ} : Homem-hora por metro linear de eletroduto de aço galvanizado de espessura ϕ ;
- ϕ : Espessura do eletroduto medida em polegadas.

Nota-se que na Tabela 3.14, em SSO-SP [15] e BDE1, os índices para 5” e 6” estão em vermelho, neste caso os bancos não contemplavam este diâmetro de eletrodutos, e para efeitos de comparação os mesmos foram extrapolados com base nos valores originais anteriores.

A Fig.3.13 apresenta as curvas obtidas da Tabela 3.14.

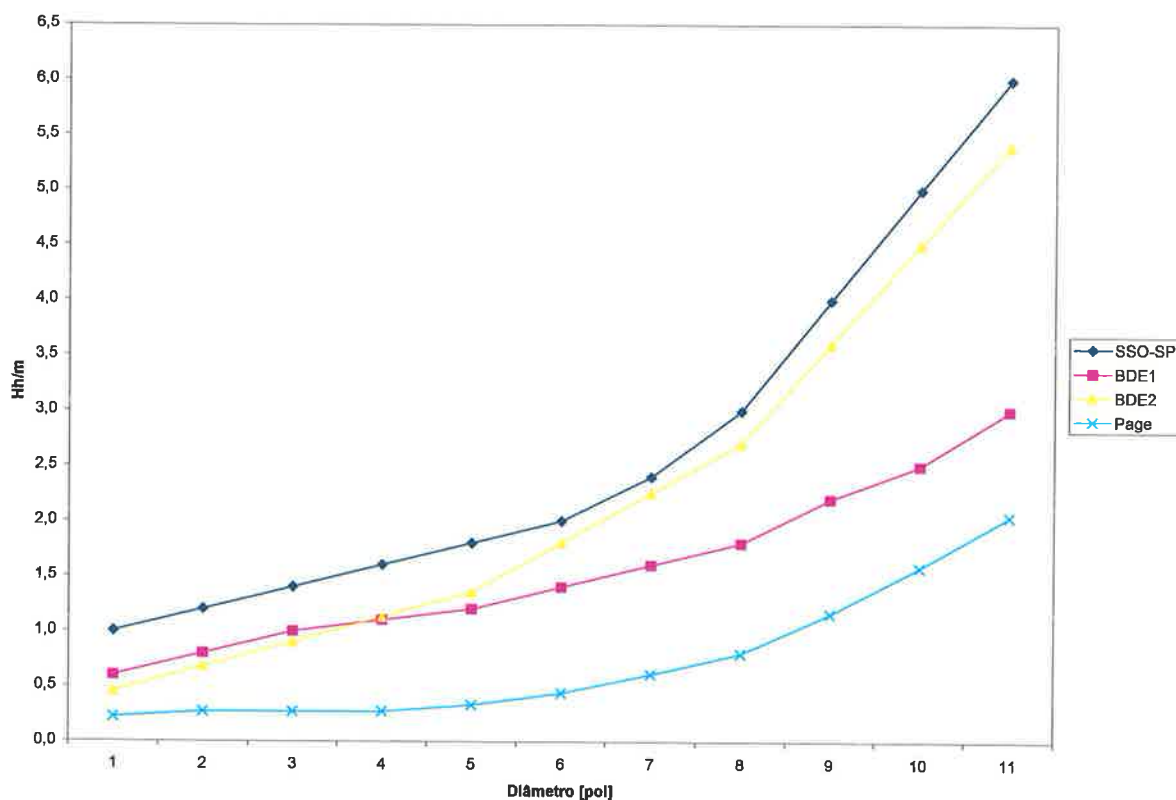


Fig. 3.13 – Comparação dos índices de eletrodutos de aço galvanizado

Analisando-se as curvas, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- Os índices podem se diferenciar em mais de 100%, o que mostra, mais uma vez, a necessidade e importância de se trabalhar com, no mínimo, três amostras de bancos de dados distintos;
- Observa-se, nos três casos, uma ascensão mais elevada da curva em três fontes para os índices em eletrodutos, a partir de 5 polegadas de diâmetro.

3.4.2 Equação característica

Para obtenção da equação característica que representa o serviço de instalação de eletrodutos, uma curva média das quatro fontes analisadas é obtida, conforme apresentada na Fig. 3.14.

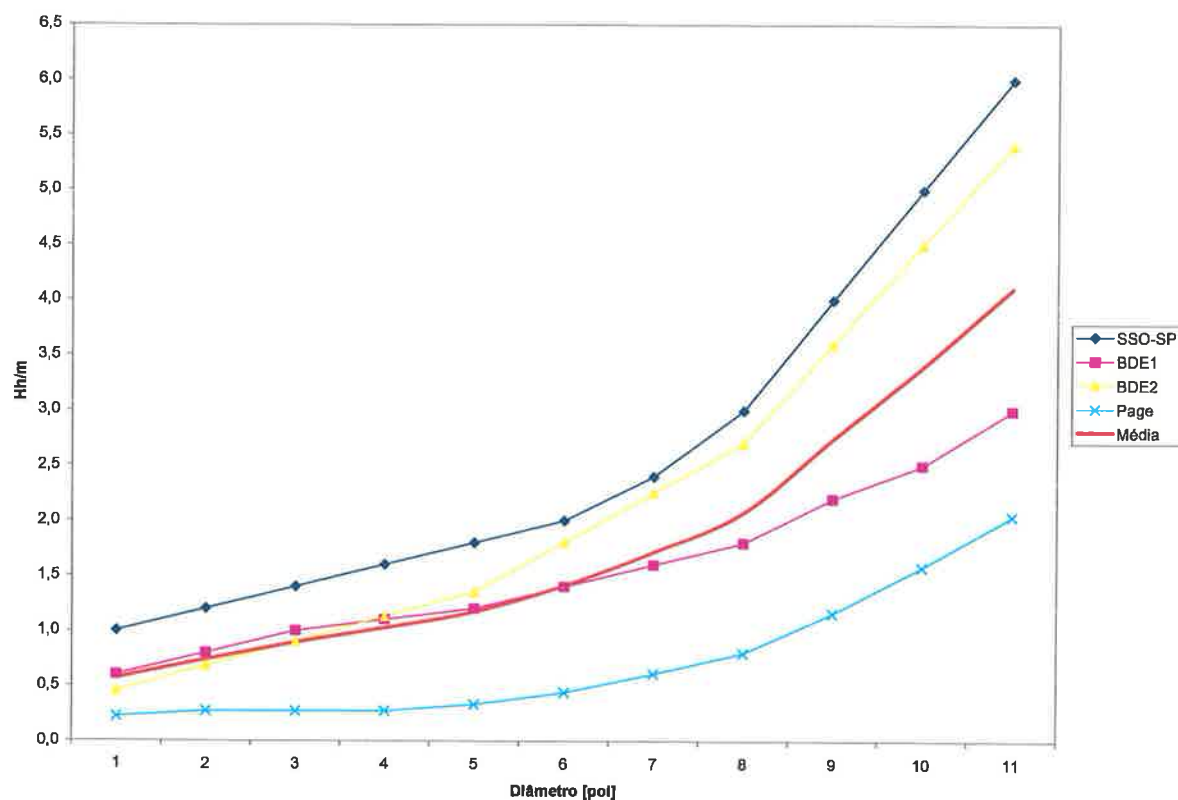


Fig. 3.14 – Curva média de eletrodutos de aço galvanizado

Da Fig 3.14 pode-se obter a equação característica da curva média e substituir as curvas das fontes de dados pelas curvas de máximos e mínimos das fontes analisadas, sendo estas apresentadas na Fig 3.15.

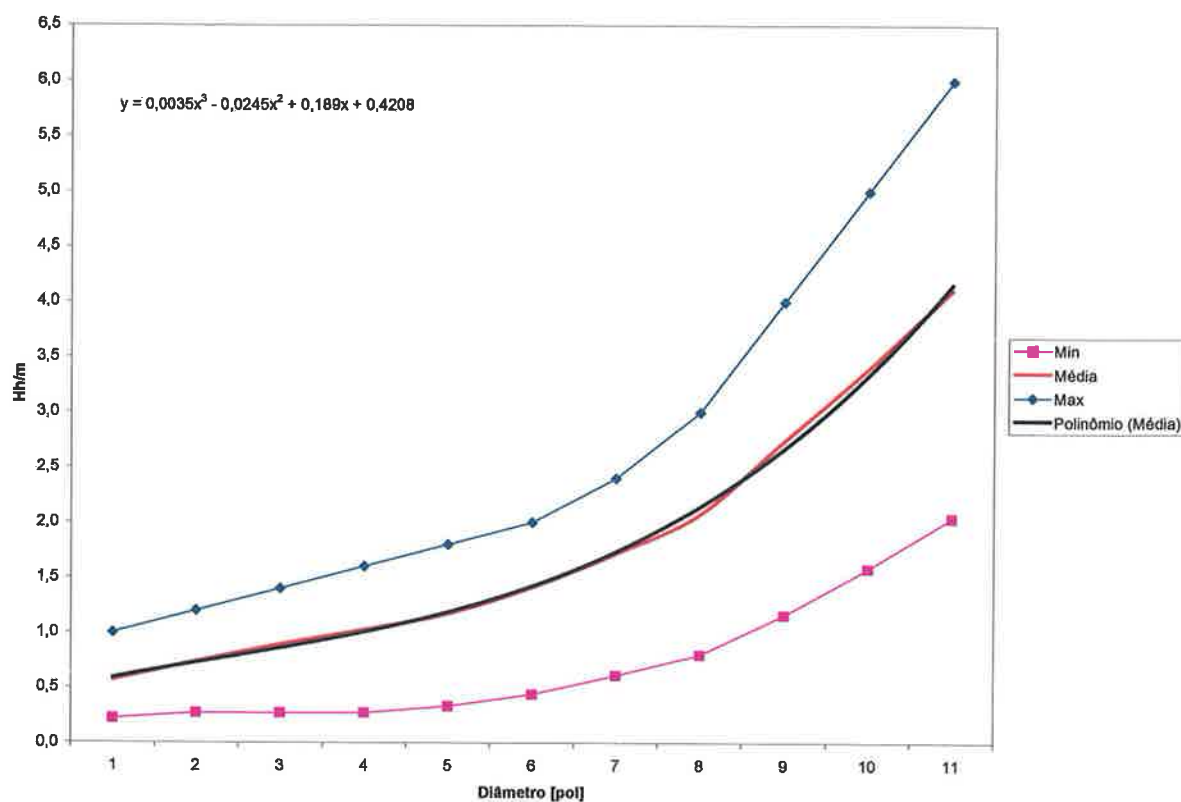


Fig. 3.15 - Curvas média, máximos e mínimos de eletrodutos de aço galvanizado

Assim como obtido o polinômio de terceira ordem para a linha de tendência da curva média dos índices, pode-se também obter polinômios para as curvas de máximos e mínimos, sendo estes apresentados na Fig 3.16.

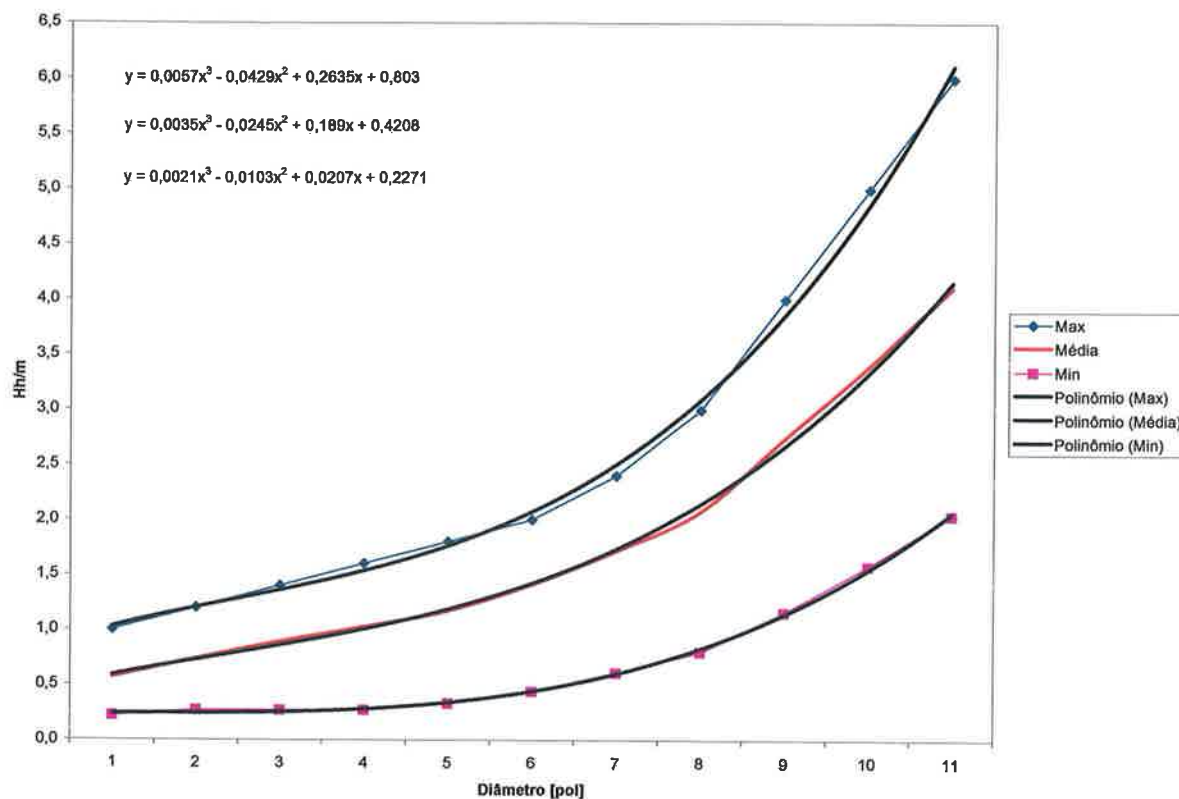


Fig. 3.16 – Linhas de tendência para curvas média, máximos e mínimos de eletrodutos de aço galvanizado

A Fig. 3.17 apresenta somente as linhas de tendências e equações características das respectivas curvas.

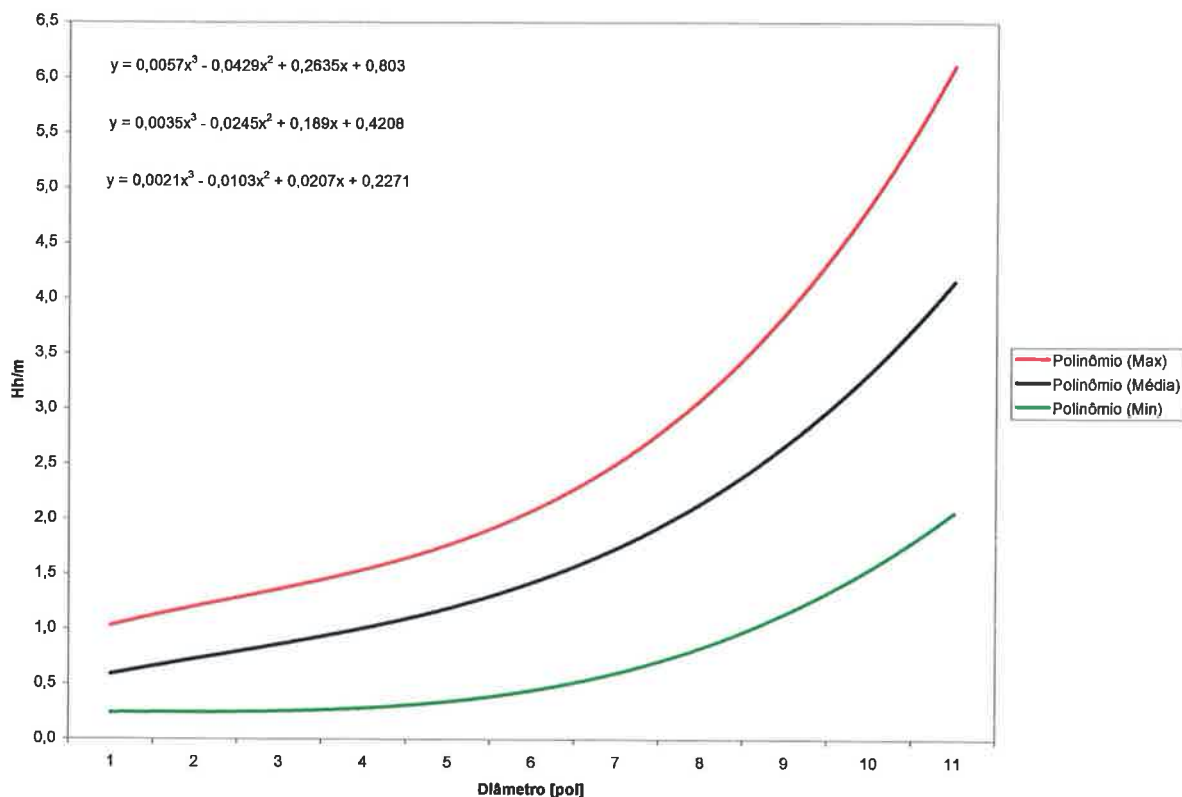


Fig. 3.17 – Linhas de tendência e equações características de eletrodutos de aço galvanizado

A partir das equações características das linhas de tendência de máximos e mínimos, pode-se calcular os novos valores de máximos e mínimos, apresentados na Tabela 3.15.

Tabela 3.15 – Índices médios, máximos e mínimos de eletrodutos de aço galvanizado

Ø ["]	Mínimo	Média	Máximo
1/2	0,20	0,60	1,00
3/4	0,20	0,70	1,20
1	0,30	0,90	1,40
1.1/4	0,30	1,00	1,50
1.1/2	0,30	1,20	1,80
2	0,40	1,40	2,10
2.1/2	0,60	1,70	2,50
3	0,80	2,20	3,10
4	1,10	2,70	3,90
5	1,50	3,40	4,80
6	2,00	4,20	6,10

3.4.3 Complexidade da instalação

Assim como no estudo dos cabos não se sabe quais são as condições consideradas e incluídas nos índices das três fontes (SSO-SP [15], BDE1 e BDE2), com exceção de Page [14], na qual haverá um aprofundamento mais à frente.

Sabe-se que, quando se refere à instalação de eletrodutos, muitas variáveis estão envolvidas,

- Tipo de instalação (enterrado, aparente, embutido, etc);
- Altura da instalação;
- Perfil / layout do local de instalação (quantidade de curvas, emendas, etc).

Com relação às condições locais de trabalho, tem-se:

- Interferência com as outras atividades, de instalações elétricas ou construção civil;
- Ambiente aberto ou fechado (incidência de chuva);
- Distância do local de armazenamento dos materiais ao local da instalação.

Voltando ao banco de dados de Page [14], fica mais claro pela comparação gráfica que ele possui valores muito baixos para a instalação dos eletrodutos, ou seja, sua produtividade é muito superior à das outras três fontes já citadas. Isso ocorre por inexperiência da mão-de-obra nacional na realização da atividade, ou baixa eficiência com as ferramentas nacionais que poderiam facilitar o serviço. Tais justificativas seriam mais factíveis se fosse feita uma análise da instalação de algum equipamento de complexidade maior, tal como um transformador de potência, um Centro Controlador de Motor (CCM), etc.. Porém, a atividade de instalação de eletroduto é relativamente simples, comum e de baixa complexidade.

O que acontece é que, no caso de Page [14], o mesmo possui uma metodologia muito interessante na definição dos índices, que é a de se separar os índices por trechos distintos. No caso, Page [14] estima 0,8 horas de serviço para a instalação de 1 metro de eletroduto de aço galvanizado linear de 3 polegadas de diâmetro, ou seja, pode-se montar 1,25 metros de eletroduto por hora de trabalho. O autor apresenta índices distintos para cada peça ou ajuste da mesma, dependendo do que o trecho possa conter, sendo alguns destes: corte, rosca, curva e junção. Para entender melhor a metodologia de Page [14], pode-se então, acrescentar à Tabela 3.14 três novas colunas, conforme Tabela 3.16.

Tabela 3.16 – Análise dos índices de Page [14]

Page				
Linear		Fitting		
Hh/100ft	Hh/m	Hh para cada corte e rosca	Hh para cada curva	Hh para cada junção
6,64	0,22	0,45	0,27	0,28
8,12	0,27	0,45	0,33	0,28
8,32	0,27	0,47	0,51	0,46
8,35	0,27	0,54	0,58	0,48
9,95	0,33	0,63	0,74	0,54
13,27	0,44	0,68	0,93	0,63
18,53	0,61	0,7	1,16	0,65
24,48	0,8	0,81	1,35	0,72
35,24	1,16	1,17	2,25	0,8
48,16	1,58	1,46	2,81	1
62,23	2,04	1,76	3,37	1,2

A Tabela 3.17 apresenta a Tabela 3.14 com as três novas colunas.

Tabela 3.17 - Comparação dos índices de eletrodutos com análise de Page [14]

Descrição	Material de fabricação	Ø pol.	Índice Homem-hora								
			SSO-SP [Hh/m]	BDE1 [Hh/m]	BDE2 [Hh/m]	Média SSO-SP, BDE1 e BDE2	Page				
							Linear		Fitting		
							Hh/100ft	Hh/m	Hh para cada corte e rosca	Hh para cada curva	Hh para cada junção
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	1/2	1	0,6	0,45	0,68	6,64	0,22	0,45	0,27	0,28
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	3/4	1,2	0,8	0,68	0,89	8,12	0,27	0,45	0,33	0,28
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	1	1,4	1	0,9	1,10	8,32	0,27	0,47	0,51	0,46
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	1.1/4	1,6	1,1	1,13	1,28	8,35	0,27	0,54	0,58	0,48
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	1.1/2	1,8	1,2	1,35	1,45	9,95	0,33	0,63	0,74	0,54
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	2	2	1,4	1,8	1,73	13,27	0,44	0,68	0,93	0,63
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	2.1/2	2,4	1,6	2,25	2,08	18,53	0,61	0,7	1,16	0,65
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	3	3	1,8	2,7	2,50	24,48	0,8	0,81	1,35	0,72
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	4	4	2,2	3,6	3,27	35,24	1,16	1,17	2,25	0,8
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	5	5	2,5	4,5	4,00	48,16	1,58	1,46	2,81	1
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	6	6	3	5,4	4,80	62,23	2,04	1,76	3,37	1,2

A metodologia de se apresentar em partes os índices de montagem dos eletrodutos, é muito comum em bibliografias especializadas de índices de montagem eletromecânica, especialmente para tubulações industriais, tubulações de aço carbono, liga e inox. Nas quais os diâmetros e espessuras dos tubos são bem superiores aos de eletrodutos. Os chamados “*fittings*” seriam curvas, “tees”, reduções, cruzetas, luvas, cotovelos, flanges, válvulas, etc., cujo o orçamento em partes de trechos de tubulação não só fornece índices mais precisos, como também é essencial para orçamento de cortes, soldas, ensaios de qualidade de solda (Raio-X), tanto feitos em campo, quanto em “*pipe shops*”. A TCPO [1] da Pini também apresenta seus índices para montagem de eletrodutos por “*fittings*” ou conexões.

Voltando à Tabela 3.17, entende-se melhor a grande diferença entre os três índices nacionais do único norte-americano [14]. Não se sabe quais são as considerações que definiram os índices nacionais, como, por exemplo, a complexidade da montagem considerada para o índice, como o número de cortes, curvas e junções por metro, ou seja, a quantidade de “*fittings*” por metro linear de eletroduto. Será obtida, inicialmente, uma curva média dos 3 índices nacionais, dos quais tenta-se descobrir os parâmetros considerados. A Fig 3.18 apresenta a curva média dos índices comparados.

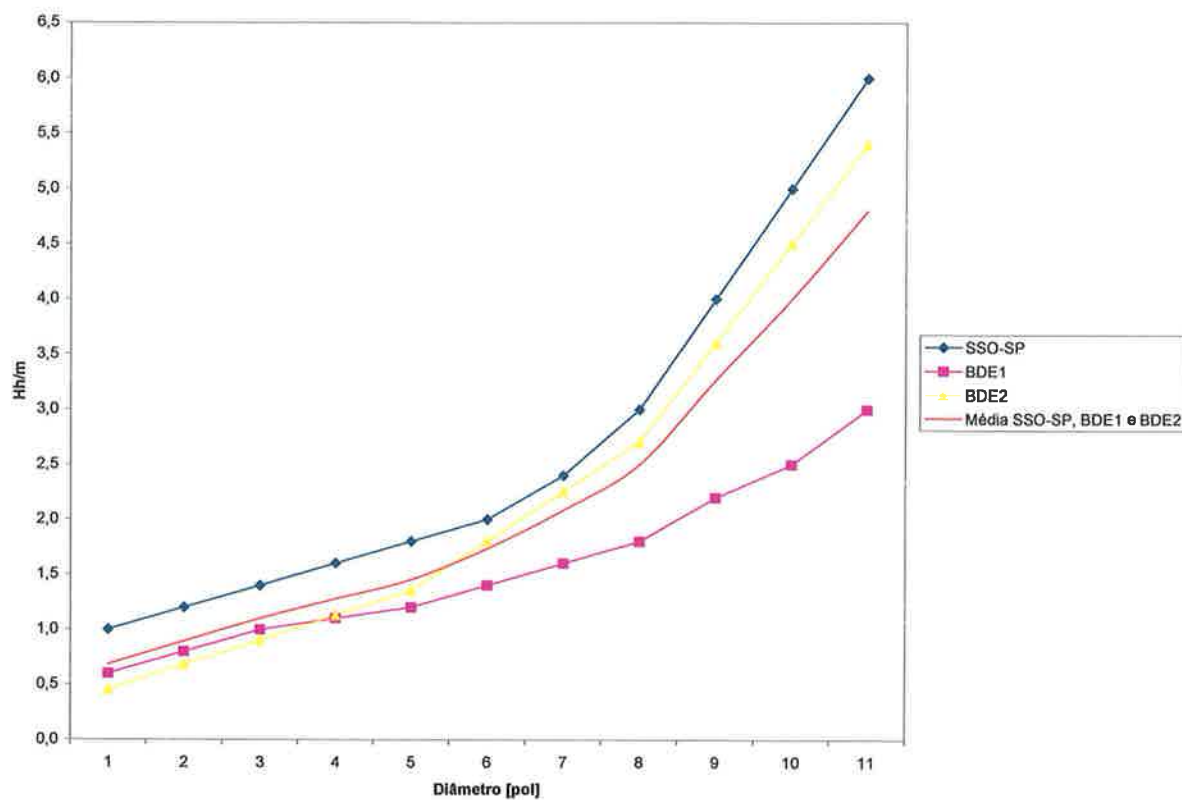


Fig. 3.18 – Curva média dos índices comparados de eletrodutos de aço galvanizado

Comparando a curva média dos três índices nacionais com a curva originária de Page [14], (onde é feita a distinção da instalação em partes, ou seja, um índice de Hh para cada “fitting”), obtém-se o gráfico apresentado na Fig. 3.19.

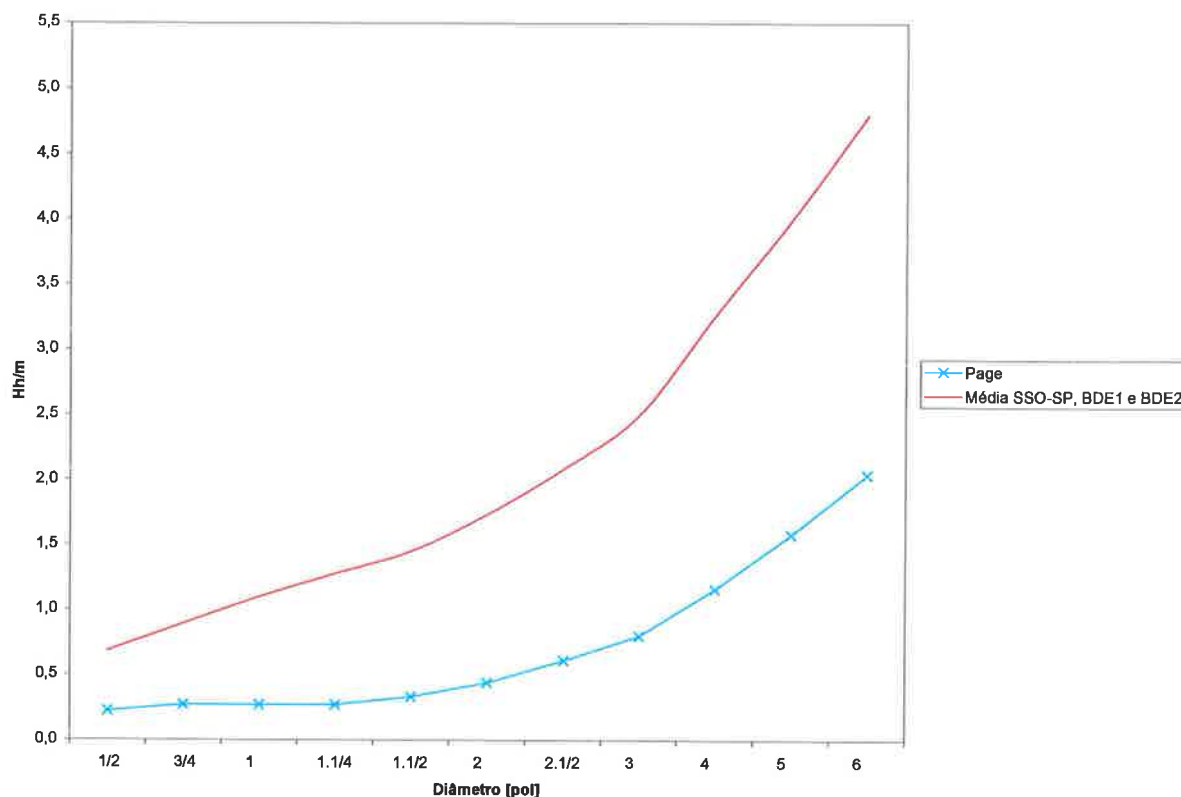


Fig.3.19 – Comparação da curva média dos índices e Page [14]

Como esperado, a diferença entre a média dos índices nacionais com o americano é muito grande. Uma maneira de se tentar ter uma idéia da quantidade de “*fittings*” considerada nos índices nacionais é, justamente, acrescentar valores ao índice de Page [14] para que o mesmo se aproxime, ao máximo, da média de BDE1, BDE2 e SSO-SP [15]; para isso, pode-se incluir na tabela de índices uma coluna de somatória para Page [14]. Nela será incluída, também, uma fórmula para ajustar a curva de Page [14] em função da quantidade de “*fittings*” por metro linear de eletroduto. A Tabela 3.18 apresenta a nova tabela comparativa.

Tabela 3.18 - Comparação dos índices de eletrodutos com análise de Page [14]

Descrição	Material de fabricação	ϕ	Índice Homem-hora										Σ
			SSO-SP [Hh/m]	BDE1 [Hh/m]	BDE2 [Hh/m]	Média SSO-SP, BDE1 e BDE2	Page						
							Linear		Fitting				
							Hh/100ft	Hh/m	Hh para cada corte e rosca	Hh para cada curva	Hh para cada junção		
		pol.							0,4	0,4	0,5		
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	1/2	1	0,6	0,45	0,68	6,64	0,22	0,45	0,27	0,28	0,65	
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	3/4	1,2	0,8	0,68	0,89	8,12	0,27	0,45	0,33	0,28	0,72	
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	1	1,4	1	0,9	1,10	8,32	0,27	0,47	0,51	0,46	0,89	
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	1.1/4	1,6	1,1	1,13	1,28	8,35	0,27	0,54	0,58	0,48	0,96	
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	1.1/2	1,8	1,2	1,35	1,45	9,95	0,33	0,63	0,74	0,54	1,15	
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	2	2	1,4	1,8	1,73	13,27	0,44	0,68	0,93	0,63	1,40	
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	2.1/2	2,4	1,6	2,25	2,08	18,53	0,61	0,7	1,16	0,85	1,68	
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	3	3	1,8	2,7	2,50	24,48	0,8	0,81	1,35	0,72	2,02	
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	4	4	2,2	3,6	3,27	35,24	1,16	1,17	2,25	0,8	2,93	
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	5	5	2,5	4,5	4,00	48,16	1,58	1,48	2,81	1	3,79	
Eletroduto rígido	Aço galvanizado	6	6	3	5,4	4,80	62,23	2,04	1,76	3,37	1,2	4,69	

Observa-se na Tabela 3.18, a inclusão de uma célula embaixo da que descreve o tipo de “fitting” característico, a qual, indica a quantidade de cada um deles por 10 metros de instalação, conforme apresentado na Tabela 3.19.

Tabela 3.19 – Quantidade de “fittings” considerados

Fitting		
Hh para cada corte e rosca	Hh para cada curva	Hh para cada junção
0,4	0,4	0,5

A quantidade de “fittings” considerados estão relacionados com a equação da somatória (Σ) da seguinte maneira:

$$\Sigma_{\phi} = w_{\phi} + a.x_{\phi} + b.y_{\phi} + c.z_{\phi} \quad (7).$$

Sendo que:

- w_{ϕ} : Homem-hora por metro linear de eletroduto de aço galvanizado de espessura ϕ ;
- x_{ϕ} : Homem-hora necessário para a realização de um corte e execução de rosca em eletroduto de aço galvanizado de espessura ϕ ;

- Y_ϕ : Homem-hora necessário para execução de curva em eletroduto de aço galvanizado de espessura ϕ ;
- Z_ϕ : Homem-hora necessário para a realização de junção em eletroduto de aço galvanizado de espessura ϕ ;
- a : Quantidade de cortes e roscas por metro de eletroduto;
- b : Quantidade de curvas por metro de eletroduto;
- c : Quantidade de junções por metro de eletroduto.

A Fig. 3.20 apresenta o gráfico com a curva de Page [14] ajustada para se aproximar da curva média:

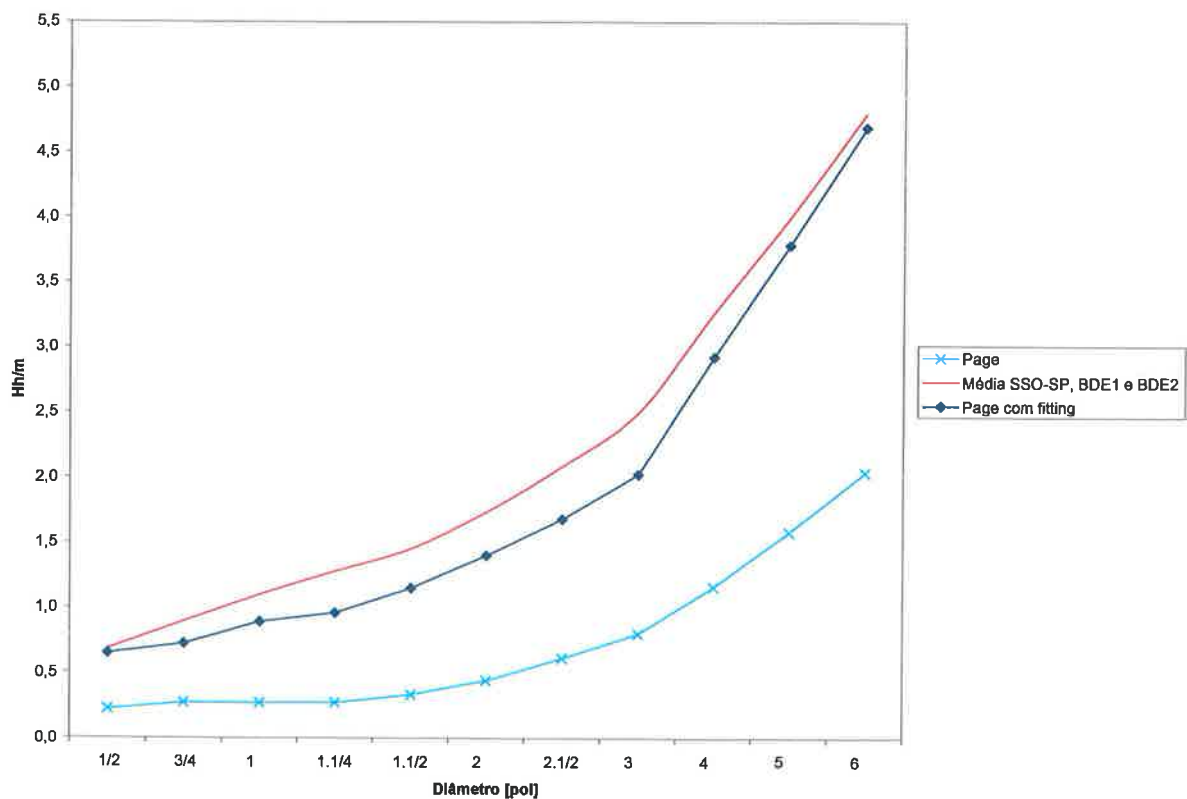


Fig. 3.20 – Ajuste da curva de Page [14]

Analisando-se a Figura 3.20, pode-se chegar às seguintes conclusões:

O ajuste feito para se aproximar a curva média dos três bancos de dados BDE1, BDE2 e SSO-SP [15] com Page [14] considerou para a instalação de eletrodutos de aço galvanizado, um conteúdo de 4 cortes e rosca, 4 curvas e 5 junções a cada 10 metros de eletroduto instalado, ou seja, uma quantidade elevada de “*fittings*” por metro. Essa é uma caracterização de uma instalação complexa e incomum no âmbito de instalações elétricas industriais e residenciais. Desta forma, conclui-se, também, que os índices de BDE1, BDE2 e SSO-SP [15] são elevados e que a média dos índices de montagem de eletrodutos de Page [14] é bastante otimista com relação à produtividade.

3.4.4 Altura de instalação

Segundo Page [14], a variação dos índices não depende somente do tipo de material, mas também das características de montagem, tais como:

- Altura de instalação;
- Local de instalação.

Para a característica local de instalação, a Tabela 3.20 apresenta os índices de Page [14] para eletrodutos de aço galvanizado, diferenciando-se pela altura de instalação.

Tabela 3.20 - Índices Hh de eletrodutos (Adaptada de [14])

Galvanized Rigid Steel Conduit					
Manhour (Hundred Linear Feet)					
Size (Inches)	Underground	Flat Concrete Slab or Concrete Pan Form (Concealed Installation)			
		10'	15'	20'	25'
1/2	5,74	6,38	7,02	7,51	7,96
3/4	7,03	7,81	8,59	9,19	9,74
1	7,03	8	8,8	9,42	9,98
1.1/4	7,03	8,03	8,83	9,45	10,01
1.1/2	8,61	9,57	10,53	11,26	11,94
2	11,48	12,76	14,04	15,02	15,92
2.1/2	16,13	17,82	19,6	20,97	22,23
3	21,19	23,54	25,89	27,71	29,37
3.1/2	22,47	24,97	27,47	29,39	31,15
4	30,49	33,88	37,27	39,88	42,27
5	41,68	46,31	50,94	54,41	57,78
6	53,86	59,84	65,82	70,43	74,66

No caso da instalação de eletroduto de aço galvanizado de 1.1/4 de polegadas, a variação do índice pode chegar a 42,4% de instalação subterrânea à instalação a 25 pés (7,62 metros). Segundo o autor, o mesmo valor de variação dos índices se aplica a eletrodutos fabricados de alumínio e plástico, e os valores se mantêm também para instalações em concreto, construções de madeira e conexões de equipamento; ou seja, o multiplicador com relação à altura de instalação é o mesmo para as características acima. Na Tabela 3.20 pode-se observar os seguintes aumentos percentuais para os índices.

- Subterrâneo → 10ft (3,05m), aumento de 11,5% nos índices.
- 10 → 15 ft (3,05 → 4,57 m), aumento de 10% nos índices.
- 15 → 20 ft (4,57 → 6,00 m), aumento de 7% nos índices.
- 20 → 25 ft (6,00 → 7,62 m), aumento de 6% nos índices.

3.4.5 Local de instalação

Com relação ao local de instalação, Page [14] apresenta índices distintos para os seguintes locais de instalação, sendo estes:

- Instalação embutida em tetos de concreto;
- Instalação embutida em paredes de concreto;
- Instalação embutida de paredes de tijolo;
- Instalação exposta em paredes e tetos;
- Conexão de equipamentos.

Conforme a Fig. 3.21, é obtida uma variação nos índices de até 22% com relação ao local de instalação.

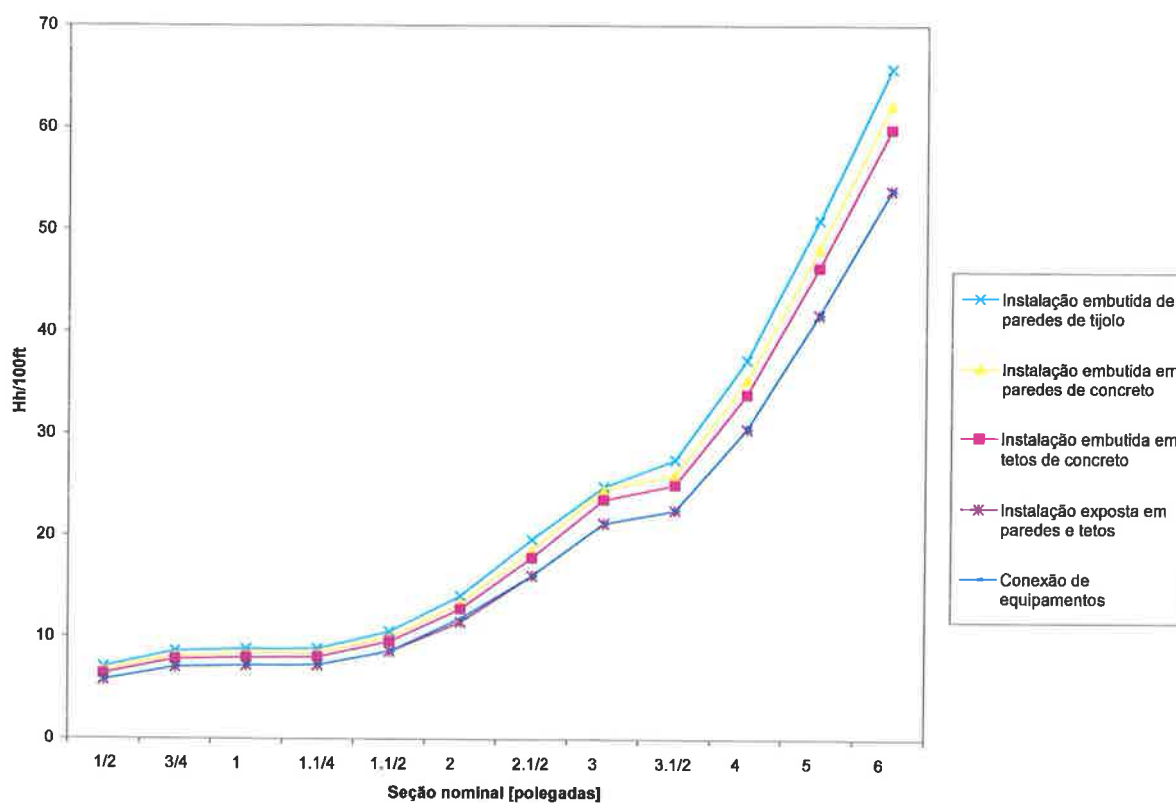


Fig. 3.21 – Hh eletroduto de aço galvanizado com relação ao local de instalação (Adaptada de [14])

No caso de os índices serem provenientes de um banco de dados histórico, uma média de diversas fontes de dados, ou o orçamentista desconhecer o local de instalação considerado que

originou seu índice, o ajuste de 22% pode ser substituído por um multiplicador de 0,90 para instalações expostas e 1,10 para instalações embutidas, sendo que 1,10 é 22% maior que 0.90.

3.4.6 Tipo de material

Já com relação ao tipo de material, pode-se obter uma variação dos índices de instalação da ordem de 76%. A Fig. 3.22 apresenta a variação dos índices em função da seção nominal para os diversos tipos de materiais.

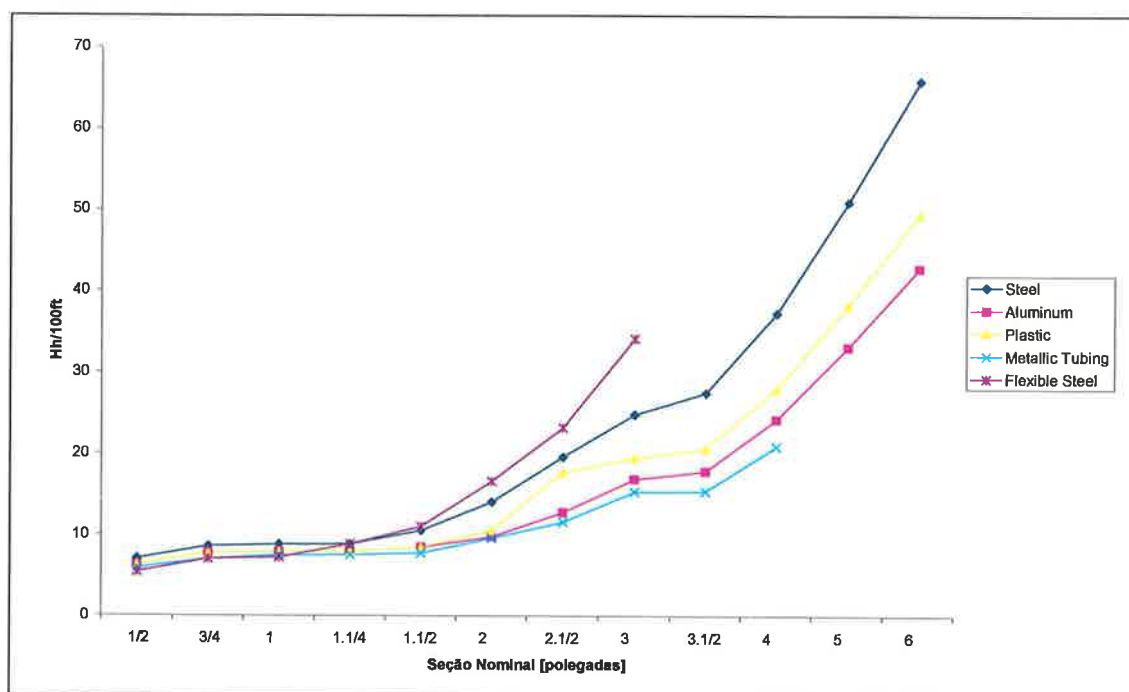


Fig. 3.22 – Índice de Hh de eletrodutos - diversos materiais (adaptada de [14])

3.4.7 Conclusões – Eletrodutos

Como na grande maioria dos índices de instalações elétricas, há uma grande diferença entre os diversos índices apresentados em bibliografias ou medidos em campo. Na análise acima, pode-se constatar a grande variação dos mesmos com relação às diversas fontes.

Ao contrário das eletrocalhas, os eletrodutos são fornecidos pelo fabricante por metro linear, ou seja, a otimização do índice com relação à quantidade de curvas, cortes, roscas por metro, deve ser levantada na planta da instalação elétrica. Conforme verificado, na análise com relação à complexidade da instalação, para se obter uma estimativa mais segura do orçamento, ele deve ser realizado por trecho, incluindo índices para a instalação de cada “fitting” ou conexão.

A análise do local de instalação, para aspectos de orçamento, pode-se resumir em instalação do tipo exposta e do tipo embutida, havendo um aumento nos índices com relação à instalação do tipo embutida, sem considerar o serviço de acabamento posterior que deve ser realizado.

Sendo assim, pode-se apresentar a tabela com os multiplicadores para otimização dos índices, conforme Tabela 3.21.

Tabela 3.21 – Tabela de otimização de índices para eletrodutos

Serviço:	Multiplicador
Instalação de eletrodutos	
Altura de instalação	
- Subterrânea	0,90
- Até 3 metros	--
- De 3,1 a 4,5 metros	1,10
- De 4,6 a 6,0 metros	1,18
- De 6,1 a 7,5 metros	1,25
Tipo de instalação	
- Exposta	0,90
- Embutida	1,10

3.5 Iluminação

Na realização de um orçamento de instalações elétricas industriais ou residências, outro item que merece importância é a iluminação, que inclui tanto a simples instalação de arandelas em residências, luminárias para lâmpadas fluorescentes em instalações comerciais, como também luminárias industriais de grande porte e, até mesmo, projetores para iluminação externa.

3.5.1 Comparação entre os diversos índices

No caso dos equipamentos / materiais de iluminação, devido à grande variedade de luminárias, arandelas, refletores, fica muito difícil gerar uma tabela comparativa entre os diversos índices, tendo em vista, inclusive, as particularidades que o equipamento pode apresentar em função dos diversos fabricantes. Desta forma, não será apresentada uma equação característica para itens de iluminação. A Fig. 3.23 apresenta uma comparação dos índices relativos à montagem de luminárias para lâmpadas fluorescentes de diversas potências, em que se pode notar, mais uma vez, a grande diferença de índices sugeridos para um mesmo serviço.

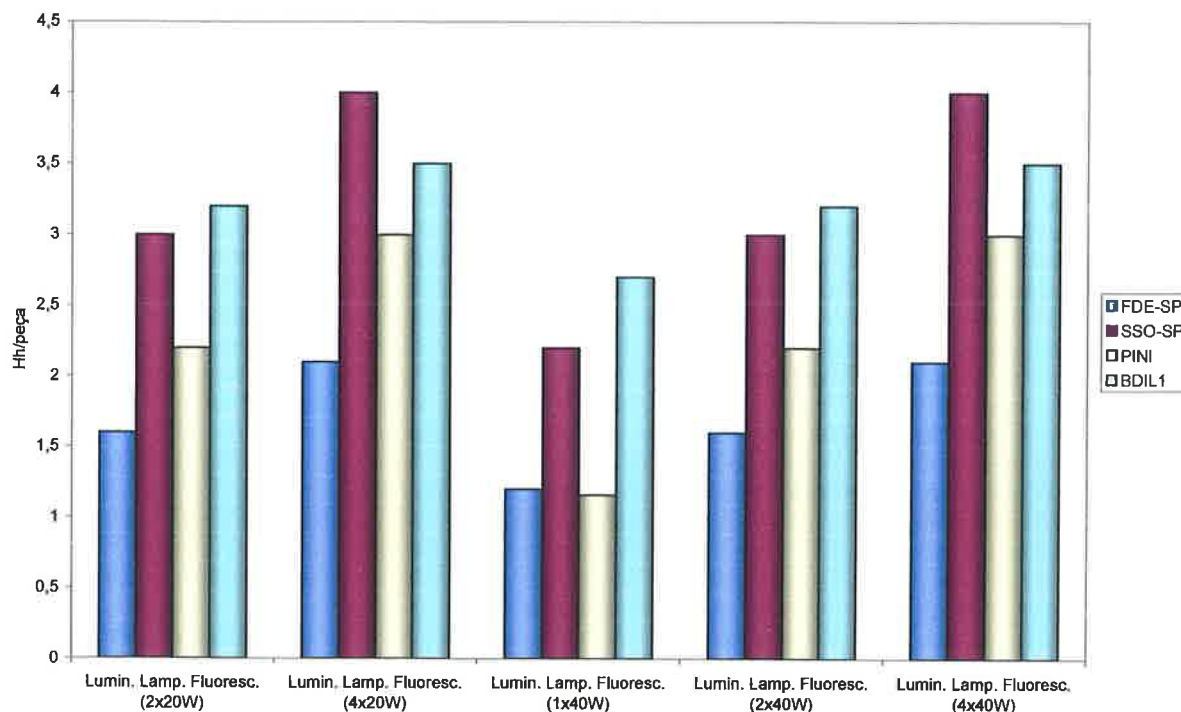


Fig. 3.23 – Comparação de índices para instalação de luminárias

3.5.2 Levantamento / Estudo de interferências

Das quatro fontes de dados consultadas para obtenção de índices, apenas o Banco de Dados de Iluminação 1 (BDIL1), que é proveniente de dados de campo, apresenta um fator de correção para ajuste dos índices de Homem-hora. Este é definido com relação à altura de montagem, apresentando índices válidos para instalações de até 6 metros de altura, sendo que, acima de 6 metros, o índice é corrigido em 10%. No caso de luminárias para lâmpadas fluorescentes, ocorre uma diferenciação com a relação à característica de montagem: sendo a luminária pendente, ou embutida, dependendo da quantidade de lâmpadas, o mesmo pode variar de 8 a 18% .

Segundo Page [14], os índices de Homem-hora para itens de iluminação podem variar segundo três características:

- Altura de instalação;
- Posicionamento ou instalação completa;
- Peça sem ou com fiação interna já instalada.

A Tabela 3.22 apresenta os índices de homem hora para instalação de luminárias de Page [14].

Tabela 3.22 – Índices de Homem-hora para instalação de luminárias (Adaptada de [14])

COMMERCIAL INTERIOR INCANDESCENT FIXTURES								
SURFACE MOUNTED								
1-Lamp Units								
MANHOURS EACH								
Item Description	Hang Only for height to				Assembly and Hang for height to			
	10'	15'	20'	25'	10'	15'	20'	25'
Metal Shade Type [Watts]								
60	0,18	0,2	0,21	0,23	0,3	0,33	0,36	0,38
100	0,18	0,2	0,21	0,23	0,3	0,33	0,36	0,38
150	0,22	0,24	0,26	0,28	0,39	0,43	0,46	0,49
200	0,24	0,26	0,29	0,3	0,47	0,52	0,56	0,59
300	0,3	0,33	0,36	0,38	0,55	0,61	0,65	0,69
500	0,39	0,43	0,46	0,49	0,69	0,76	0,82	0,87
750	0,46	0,51	0,55	0,58	0,85	0,94	1,01	1,07
Glass Globe Type [Watts]								
60	0,22	0,24	0,26	0,28	0,39	0,43	0,46	0,49
100	0,22	0,24	0,26	0,28	0,39	0,43	0,46	0,49
150	0,28	0,31	0,33	0,35	0,47	0,52	0,56	0,59
200	0,3	0,33	0,36	0,38	0,55	0,61	0,65	0,69
300	0,35	0,39	0,42	0,44	0,61	0,67	0,72	0,77
500	0,44	0,48	0,52	0,55	0,74	0,81	0,88	0,93
Plastic Globe Type [Watts]								
60	0,19	0,21	0,23	0,24	0,3	0,33	0,36	0,38
100	0,19	0,21	0,23	0,24	0,3	0,33	0,36	0,38
150	0,22	0,24	0,26	0,28	0,39	0,43	0,46	0,49
200	0,26	0,29	0,31	0,33	0,47	0,52	0,56	0,59
300	0,3	0,33	0,36	0,38	0,55	0,61	0,65	0,69
500	0,39	0,43	0,46	0,49	0,69	0,76	0,82	0,87

Analisando os dados da Tabela 3.22, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- O autor considera uma variação de 71 a 79% da simples fixação e colocação da peça em posição para a completa instalação, incluindo conexão elétrica ao circuito de alimentação e teste operacional. Esta consideração pode ser útil, no caso de as instalações serem realizadas em duas etapas distintas.
- Há uma variação de 10 a 26% com relação à altura de instalação.

O autor também apresenta, como considerações adicionais, as seguintes observações:

- Homem-hora inclui verificação de almoxarifado e transporte;
- Exclui-se instalação de interruptores, cabos, montagem de andaimes e escadas;
- Para alturas acima de 7,5 metros, deve-se acrescentar 5% de Homem-hora para cada 1,5 metro adicional.

Em [14] são apresentados, inclusive, tipos de luminárias, das quais têm-se índices distintos para luminárias com a fiação interna já conectada ou não, conforme apresentada na Tabela 3.23.

Tabela 3.23 – Variação do Homem-hora para instalação de luminárias com e sem fiação interna (Adaptada de [14])

COMMERCIAL INTERIOR INCANDESCENT FIXTURES SQUARE BODY RECESSED MOUNTED									
3 Lamp Unit									
MANHOURS EACH									
Item Description	Manhours Required to								
	Hang Only for height to				Assembly and Hang for height to				
	10'	15'	20'	25'	10'	15'	20'	25'	
Unwired - 3 Lamp [Watts]									
60	0,50	0,55	0,59	0,63	0,91	1,00	1,08	1,15	
100	0,56	0,62	0,67	0,71	0,99	1,09	1,18	1,25	
150	0,59	0,65	0,70	0,74	1,10	1,21	1,31	1,39	
200	0,65	0,72	0,77	0,82	1,18	1,30	1,40	1,49	
Prewired - 3 Lamp [Watts]									
60	0,39	0,43	0,46	0,49	0,69	0,76	0,82	0,87	
100	0,43	0,47	0,51	0,54	0,74	0,81	0,88	0,93	
150	0,46	0,51	0,55	0,58	0,85	0,94	1,01	1,07	
200	0,50	0,55	0,59	0,63	0,91	1,00	1,08	1,15	

Analisando todos os exemplos apresentados em [14], conclui-se que a variação dos índices para os itens de iluminação está sendo sempre ajustada com relação à altura, instalação parcial ou completa e eventual pré-conexão de fiação interna.

3.5.3 Iluminação – Conclusões

Para os itens de iluminação, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- Nas bibliografias nacionais analisadas, nenhuma delas apresentava critérios para ajuste dos índices.
- Devido à grande variedade de materiais e variações de fabricantes, a comparação dos índices de diversas bibliografias especializadas e dados de campo se torna insegura.
- Segundo Page [14], existem três variáveis principais para ajuste dos índices: altura, instalação parcial ou completa e pré-instalação de fiação elétrica, com variação em faixa única e dependente, somente, da complexidade e tamanho da peça.

Sendo assim, pode-se apresentar a tabela com os multiplicadores para otimização dos índices, conforme Tabela 3.24.

Tabela 3.24 – Tabela de otimização de índices para luminárias

Serviço:	Multiplicador
Instalação de luminárias	
Altura de instalação	
- Até 3 metros	--
- De 3,1 a 4,5 metros	1,10
- De 4,6 a 6,0 metros	1,18
- De 6,1 a 7,5 metros	1,26
Tipo de instalação	
- Pendente	--
- Embutida	1,08 – 1,18
Instalação parcial ou completa	
- Parcial (fixação)	0,73
- Completa (inclui conexão elétrica e teste)	1,27

3.6 Transformadores de potência

Para o estudo de transformadores de potência, foram analisados transformadores de potência trifásicos de 15 kV, 60 Hz, alta tensão 13,2 kV, baixa tensão 220/127V de 25 a 1000 kVA.

3.6.1 Comparação entre os diversos índices

Para transformadores de potência, foram analisados dados de seis fontes distintas, sendo duas delas provenientes de especialistas no assunto, que obtêm seus dados a partir de compilação de dados de campo, nomeadas de Banco de Dados de Transformadores 1 (BDT1) e Banco de Dados de Transformadores 2 (BDT2), de duas bibliografias nacionais [1], [15] e duas bibliografias estrangeiras [14], [16].

No momento da comparação dos índices, as duas maiores dificuldades são conseguir fontes de dados que estão apresentando índices para o equipamento mais semelhante possível, fato este que, conforme a complexidade, diversidade de fabricantes, pode causar a diminuição da confiabilidade da comparação entre os índices. A segunda maior dificuldade depois de se tentar cruzar as informações com relação ao equipamento físico em si, é tentar comparar fontes que apresentem índices em que os serviços considerados assemelham-se o mais próximo possível, tais como: um autor pode considerar em seu índice de Homem-hora, o enchimento de óleo, e outro, além do enchimento de óleo pode considerar também a conexão e teste elétrico do transformador. A Fig. 3.24 apresenta a comparação inicial entre cinco das fontes analisadas.

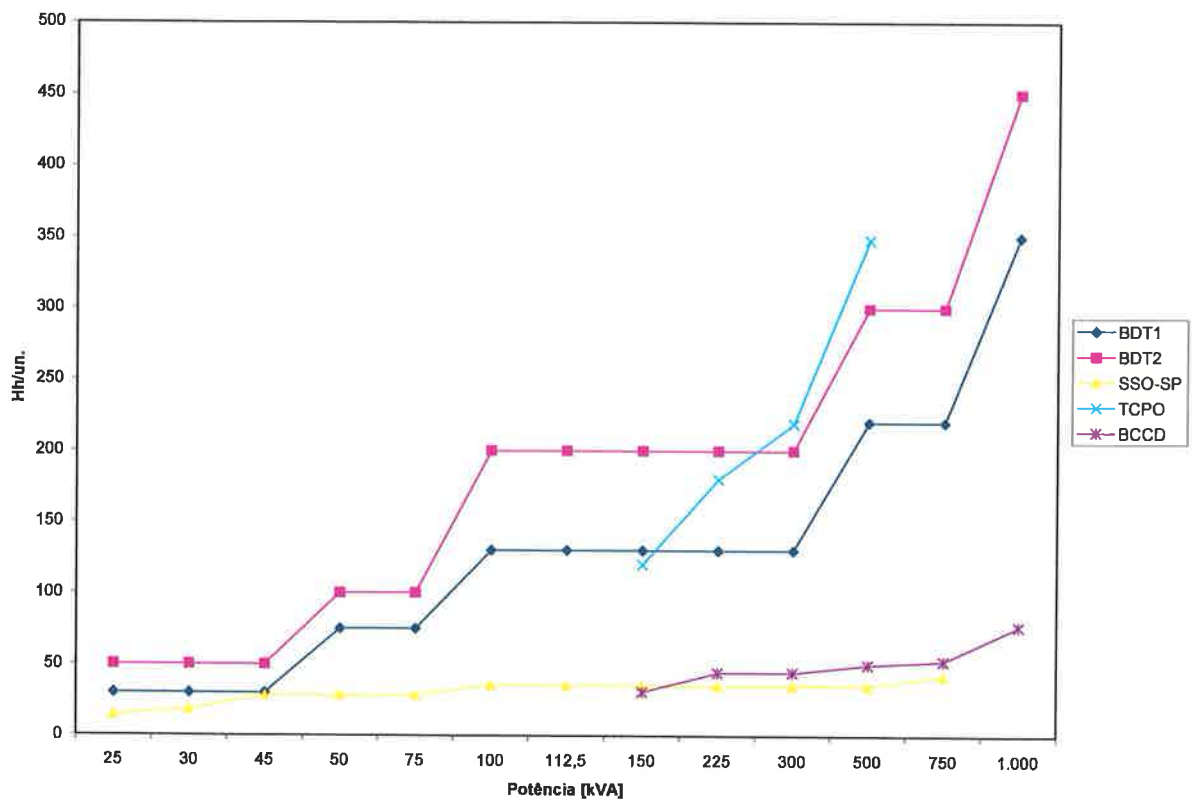


Fig. 3.24 – Comparação dos índices de transformadores de potência

Como pode-se observar na Fig. 3.24, nem todas as fontes possuem índices para a faixa de potência estabelecida de 25 a 1000 kVA.

3.6.2 Equação característica

Para obtenção de uma equação característica para o serviço de instalação de transformadores de potência, assim como, apresentado na metodologia proposta, o primeiro passo é a obtenção de uma curva média dos índices. A Fig. 3.25 apresenta a curva média das cinco fontes de dados analisadas.

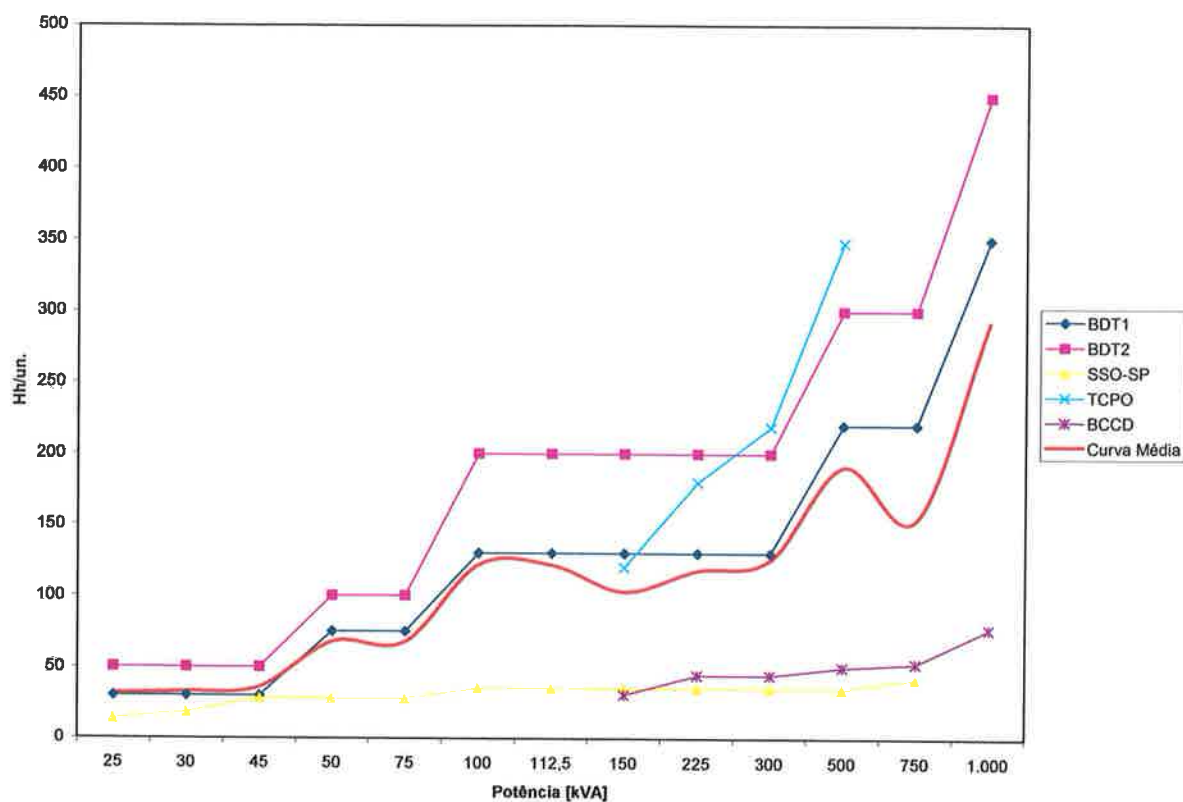


Fig. 3.25 – Curva média dos índices de transformadores de potência

Da Fig 3.25, pode-se obter a equação característica da curva média e substituir as curvas das fontes de dados pelas curvas de máximos e mínimos das fontes analisadas, sendo estas apresentadas na Fig 3.26

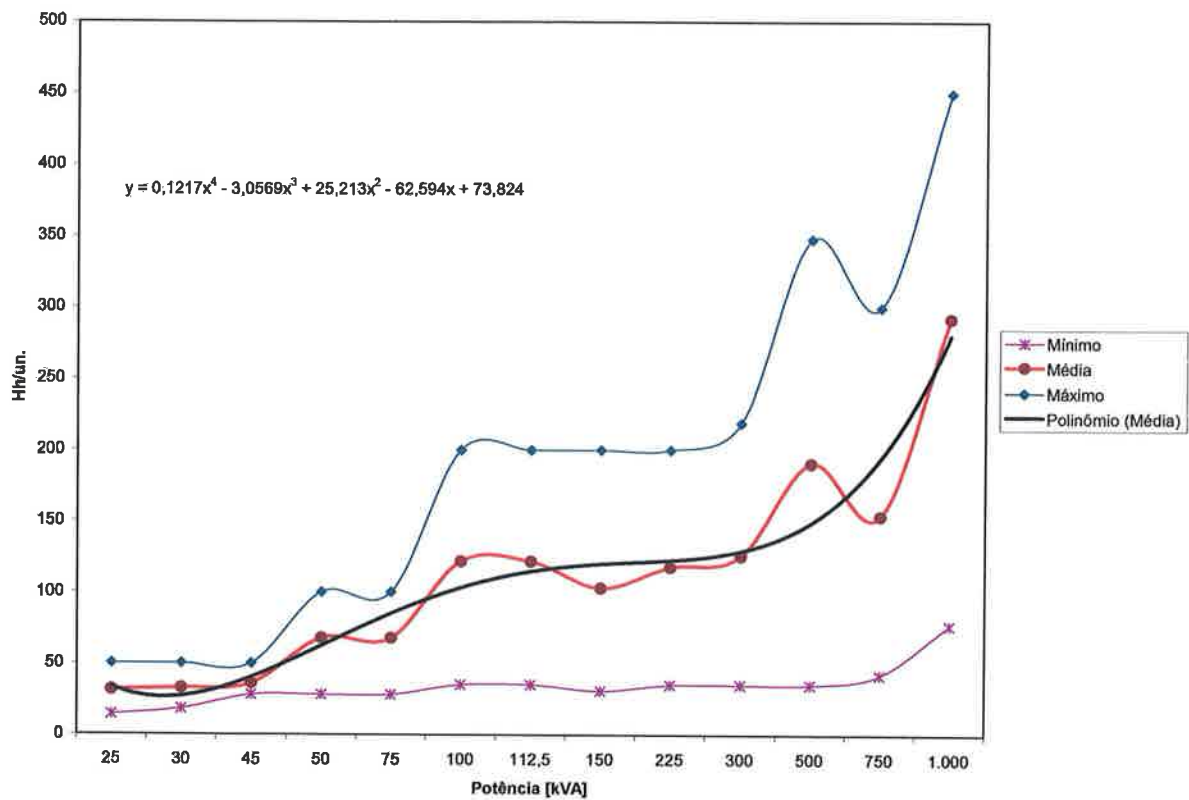


Fig 3.26 – Curvas média, máximos e mínimos de transformadores de potência

Assim como obtido o polinômio de quarta ordem para a linha de tendência da curva média dos índices, pode-se também obter polinômios para as curvas de máximos e mínimos, sendo estes apresentados na Fig 3.27

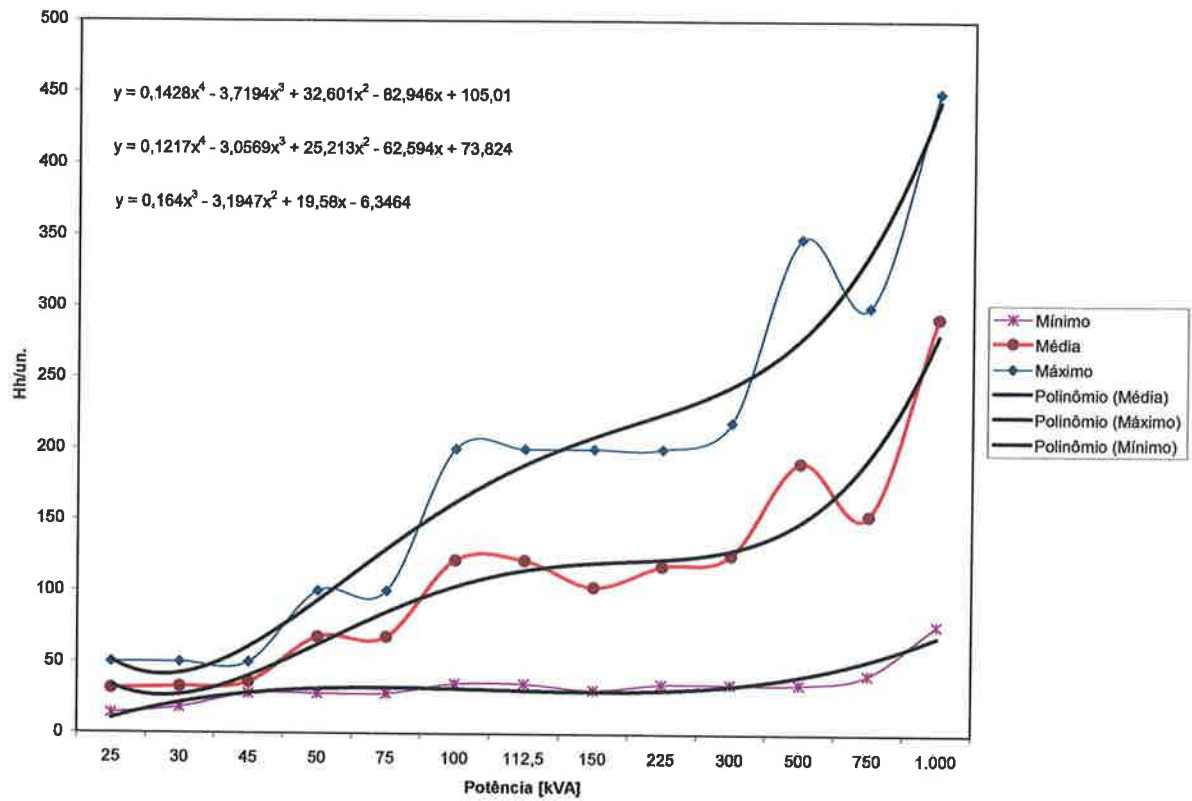


Fig 3.27 – Linhas de tendência para curvas média, máximos e mínimos de transformadores de potência

A Fig 3.28 apresenta somente as linhas de tendências e equações características das respectivas curvas.

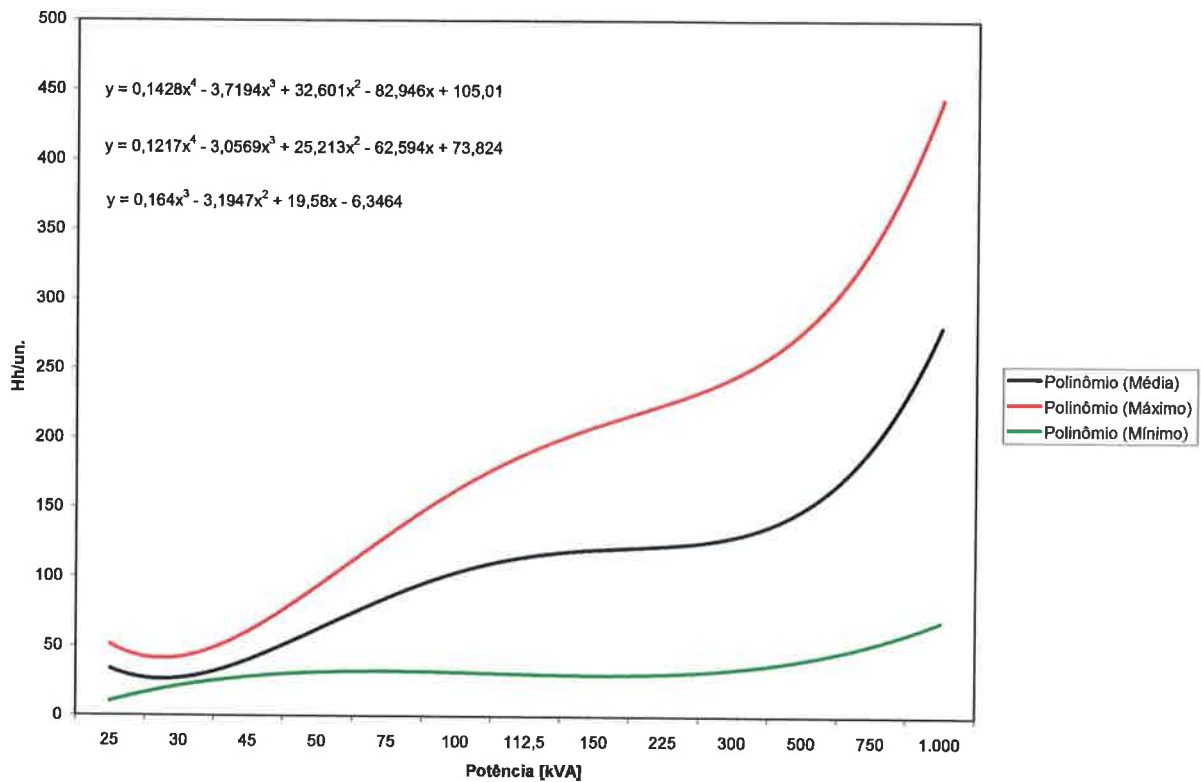


Fig. 3.28 – Linhas de tendência e equações características de transformadores de potência

A partir das equações características das linhas de tendência de máximos e mínimos, pode-se calcular os novos valores de máximos e mínimos, sendo que devido aos dois primeiros vales dos polinômios para as curvas de valores médios e máximos, foi necessário uma ajuste manual dos valores para a potência de 25kVA, sendo estes apresentados em vermelho na Tabela 3.25.

Tabela 3.25 – Índices médios, máximos e mínimos para transformadores de potência

Potência [kVA]	Mínimo	Média	Máximo
25	10,2	21,5	30,1
30	21,3	27	42,1
45	28,1	40,3	60,7
50	31,4	62,4	93,4
75	32,2	85,1	129,6
100	31,5	103,4	162,6
112,5	30,4	114,8	188,9
150	29,8	120,1	208,5
225	30,7	122,7	224,6
300	34	129,3	244,3
500	40,8	149,1	277,5
750	52	194,6	338,2
1000	68,6	281	443,3

3.6.3 Levantamento / Estudo de interferências

Para o estudo de características de montagem / interferências, a única referência bibliográfica que apresentou critérios para ajuste dos índices foi Page [14]. No caso, Page considera a altura de instalação como sendo uma característica influenciadora na produtividade da mão-de-obra, devendo ser avaliada e considerada na etapa do orçamento. A Tabela 3.26 apresenta uma tabela adaptada de [14], em que se pode notar as diferenças nos índices.

Tabela 3.26 – Índices para instalação de transformadores de potência
(adaptada de [14])

Air and Oil Cooled Transformers 60 cycle - single phase Primary 440 or 550 Volts - Secondary 115/230 Volts Manhours each							
Type	kVA Rating	Aproximate Weight (Pounds)	Aproximate Gallons of Oil	Manhours for mounting on			
				Floors	Walls or Columns Heights to		
					10'	15'	20'
Air Cooled	1	35	-	3,3	4,2	4,4	4,5
	1,5	47	-	3,85	4,7	4,95	5,1
	2	60	-	4,4	5,25	5,5	5,65
	3	90	-	4,95	5,75	6	6,2
	5	127	-	6,2	6,9	7,25	7,45
	7,5	180	-	6,6	7,65	8	8,25
	10	350	-	8,8	10,1	10,6	10,9
	15	485	-	11,2	13,85	14,5	14,95
	25	625	-	15,4	17,85	18,75	19,3
	37,5	900	-	20,9	25,2	26,45	27,25
50	1025	-	24,2	28,35	29,75	30,65	
Oil Cooled	1	155	3,25	5,8	7,05	7,4	7,6
	1,5	165	3,75	6,15	7,3	7,65	7,85
	2	185	3,75	6,6	8,05	8,45	8,7
	3	205	4	7,7	8,35	8,75	9
	5	255	6	8,4	8,9	9,35	9,65
	7,5	295	9	8,8	10,55	11,1	11,45
	10	370	11	9,9	11	11,55	11,9
	15	520	21	11,2	14,5	15,2	15,65
	25	700	27	16,5	17,6	18,5	19,05
	37,5	990	32	23,1	28,6	30	30,9
50	1190	40	24,3	31,9	33,5	34,5	

Analisando-se a tabela 3.26, pode-se notar a diferença nos índices com relação à altura de instalação. Observa-se, também, que o autor apresenta uma coluna com a massa aproximada dos equipamentos, o que dá maior segurança para o orçamentista adotar o seus índices, dada a possibilidade de efetuar uma verificação com a massa aproximada do equipamento a ser instalado, fato que comprova não só a dificuldade de se atribuir índices de equipamentos que podem apresentar diversidades entre os fabricantes, como comprova também que a massa é mais uma característica de influência no momento da instalação.

O autor não faz nenhuma consideração para o índice a ser adotado, no caso do orçamentista encontrar um transformador de potência X, porém, com peso de um de potência Y, deve-se

tentar buscar outras características do equipamento para tentar definir o índice mais adequado, tais como quantidade de parafusos de fixação necessários, conexões elétricas, etc..

3.6.4 Conclusões - Transformadores de potência

Para os transformadores de potência, podem-se obter as seguintes conclusões:

- Nas bibliografias nacionais analisadas, nenhuma delas apresentava critérios para ajuste dos índices;
- A maior complexidade do equipamento e diversidade entre fabricantes dificulta a comparação entre os índices, gerando, assim, uma grande diferença entre os máximos e mínimos dos índices comparados;
- Segundo [14], a principal característica para ajuste dos índices é, mais uma vez, a sua altura de instalação.
- A única bibliografia que apresentou critérios de ajuste dos índices possui apenas índices para transformadores monofásicos de até 50kVA, impossibilitando, assim, a utilização dos critérios para transformadores de outras classes de tensão e potência.

Sendo assim, pode-se apresentar a tabela com os multiplicadores para otimização dos índices, conforme Tabela 3.27.

Tabela 3.27 – Tabela de otimização de índices para transformadores de potência

Serviço:	Multiplicador
Instalação de transformadores de potência*	
Altura de instalação	
- Até 3 metros	1,18
- De 3,1 a 4,5 metros	1,24
- De 4,6 a 6,0 metros	1,28

* Monofásico, 440/115 V, até 50kVA

3.7 Quadros de força

Para o estudo de quadros de força, foram analisados tanto os de instalação embutida quanto externa, de capacidade de 4 a 42 disjuntores.

3.7.1 Comparação entre os diversos índices

Para quadros de força, foram analisados dados de quatro diferentes fontes, uma proveniente de especialista no assunto, o qual obtém seus dados de compilação de dados de campo, nomeada de Banco de Dados Quadros de Força 1 (BDQF1); dois, de fontes nacionais [15] e [17] e um de bibliografia estrangeira [14]. A Fig. 3.29 apresenta a comparação entre as quatro fontes de dados.

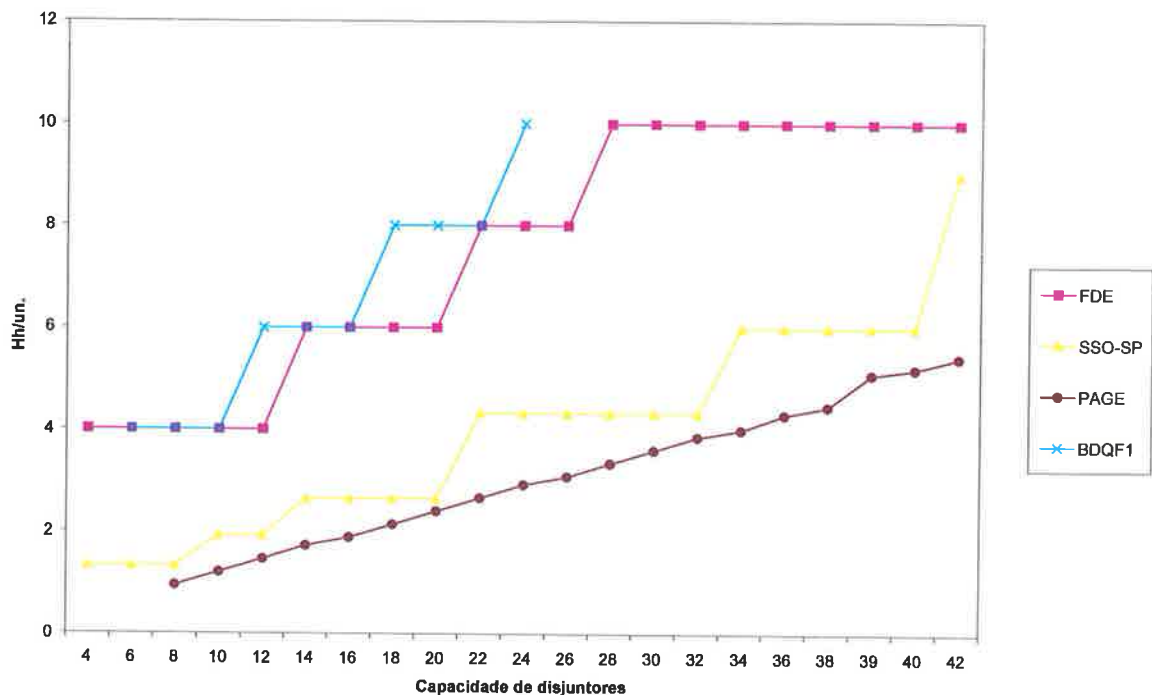


Fig. 3.29 – Comparação dos índices de quadros de força

3.7.2 Equação Característica

A Fig. 3.30 apresenta a curva média das quatro fontes de dados comparadas, para obtenção de sua equação característica.

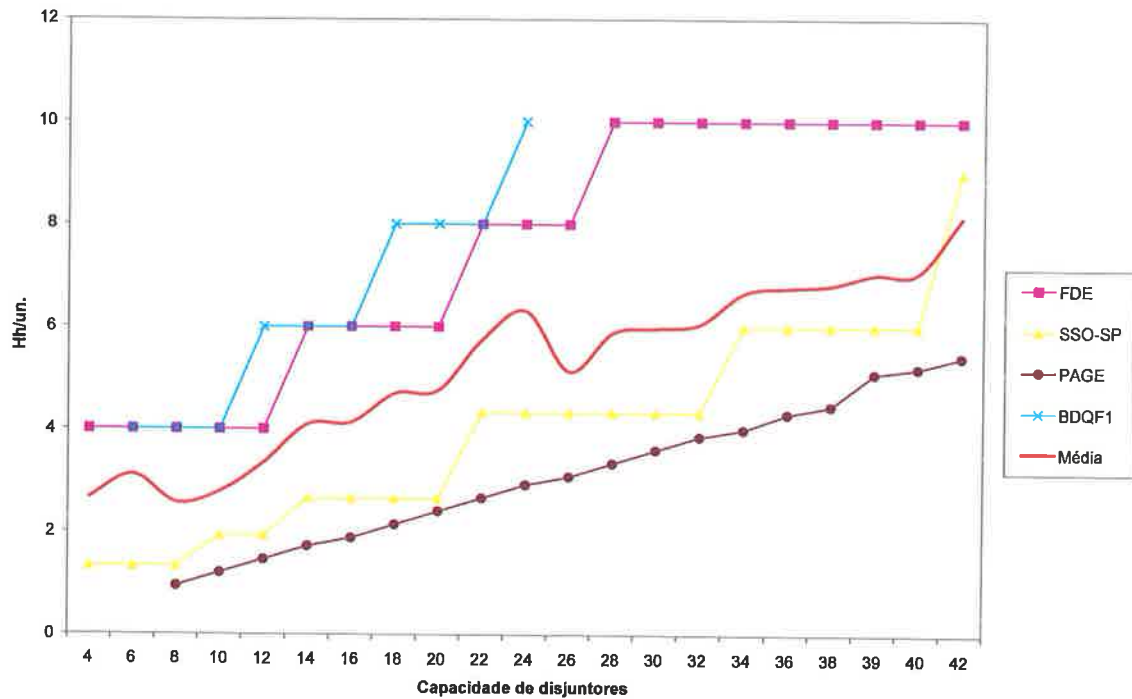


Fig. 3.30 – Curva média dos índices de quadros de força

Da Fig 3.30, pode-se obter a equação característica da curva média e pode-se, também, substituir as curvas das fontes de dados pelas curvas de máximos e mínimos das fontes analisadas, sendo estas apresentadas na Fig 3.31.

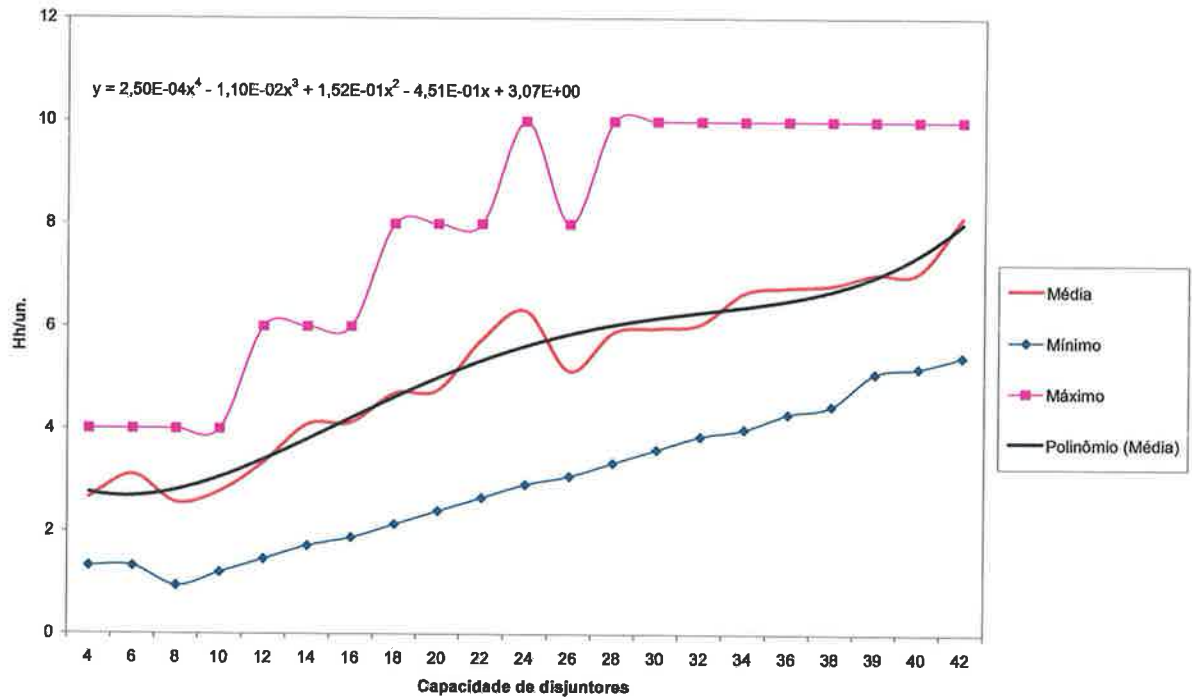


Fig 3.31 – Curvas média, máximos e mínimos de quadros de força

Assim como obtido o polinômio de quarta ordem para a linha de tendência da curva média dos índices, pode-se também obter polinômios para as curvas de máximos e mínimos, sendo estes apresentados na Fig 3.32.

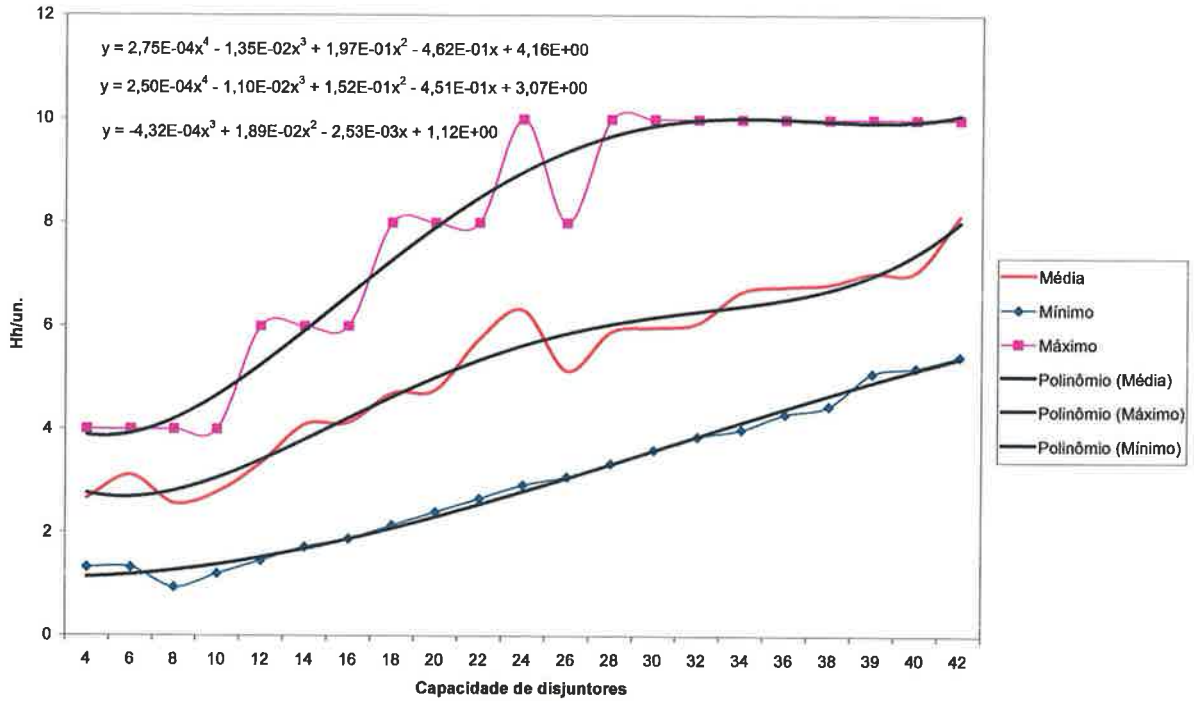


Fig 3.32 – Linhas de tendência para curvas média, máximos e mínimos de quadros de força

A Fig 3.33 apresenta somente as linhas de tendências e equações características das respectivas curvas.

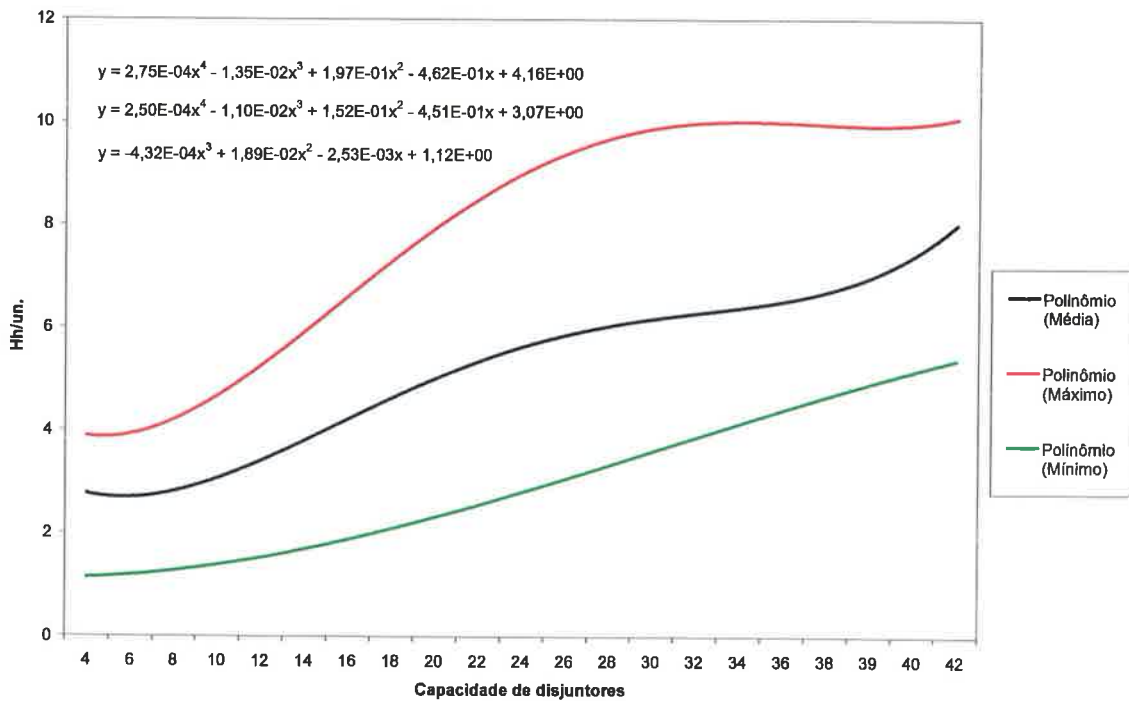


Fig. 3.33 – Linhas de tendência e equações características para quadros de força

A partir das equações características das linhas de tendência de máximos e mínimos, pode-se calcular os novos valores de máximos e mínimos, sendo apresentados na Tabela 3.28

Tabela 3.28 - Índices médios, máximos e mínimos para quadros de força

Qtd disjuntores	Mínimo	Média	Máximo
4	1,1	2,7	3,9
6	1,2	2,7	3,9
8	1,3	2,8	4,2
10	1,4	3,1	4,7
12	1,5	3,4	5,3
14	1,7	3,8	5,9
16	1,9	4,2	6,6
18	2,1	4,6	7,3
20	2,3	4,9	7,9
22	2,6	5,3	8,5
24	2,8	5,5	9
26	3,1	5,7	9,4
28	3,3	5,9	9,6
30	3,6	6	9,8
32	3,9	6	9,9
34	4,1	6,1	9,9
36	4,4	6,2	9,9
38	4,7	6,3	9,8
39	4,9	6,5	9,8
40	5,2	6,9	9,8
42	5,4	7,4	9,8

3.7.3 Levantamento / Estudo de interferências

Para o estudo de características de montagem/interferências, a única referência bibliográfica que apresentou critérios para ajuste dos índices foi Page [14]. No caso, Page [14] considera a montagem do quadro do tipo embutida ou de sobrepor como sendo uma característica influenciadora na produtividade da mão-de-obra, devendo ser avaliada e considerada na etapa do orçamento. A Tabela 3.29 apresenta uma tabela adaptada de [14], mostrando as diferenças entre os índices.

Tabela 3.29 – Índices para instalação de quadros de força (adaptada de [14])

BRANCH CIRCUIT PANELBOARDS STANDARD TYPE MANHOURS EACH		
No. of 0-30 Amp Circuit	Flush Mounted	Surface Mounted
8	7,2	6,3
10	9	7,8
12	10,8	9,3
14	12,6	11
16	14,3	12,4
18	16,2	14
20	18	15,6
22	19,8	17,1
24	21,6	18,8
26	23,3	20,2
28	25,1	21,7
30	27	23,4
32	28,8	24,9
34	29,7	25,8
36	31,6	27,4
38	33,6	28,9
40	35,1	30,4
42	36,8	31,9

Analisando-se a Tabela 3.29, pode-se notar a diferença nos índices de Homem-hora para instalação de quadros de força / distribuição com relação à característica de instalação embutida (“*flush*”) ou de sobrepor (“*surface*”), na Tabela 3.29 a um aumento nos índices de 15% de um quadro com a mesma capacidade de disjuntores ser instalado embutido.

No exemplo da Tabela 3.29 o autor considera em seus índices a instalação dos disjuntores também, razão esta, pelo elevado valor dos índices. Analisando-se outros tipos de quadros de força e distribuição do autor, ocorre a mesma variação dos índices com relação ao tipo de montagem (embutida / sobrepor), com uma variação de aumento percentual de 15 a 21%.

3.7.4 Conclusões – Quadros de força

Para os quadros de força, podem-se obter as seguintes conclusões:

- Nas bibliografias nacionais analisadas, nenhuma delas apresentava critérios para ajuste dos índices;
- Uma das bibliografias analisadas [14] apresenta seus índices de Homem-hora para instalação dos quadros considerando, inclusive, a instalação dos disjuntores, facilitando a realização do orçamento;
- Segundo [14], uma característica influenciadora para ajuste dos índices é a instalação do tipo embutida ou aparente, sendo esta variação de, aproximadamente, 15 a 21%.

Sendo assim, pode-se apresentar a tabela com os multiplicadores para otimização dos índices, conforme Tabela 3.30.

Tabela 3.30 - Tabela de otimização de índices para quadros de força

Serviço:	Multiplicador
Instalação de quadros de força	
Tipo de instalação	
Sobrepor	–
Embutida	1,15 – 1,21

3.8 Disjuntores para quadros de força

No estudo de quadros de força apresentado no item anterior, o critério utilizado para a diferenciação dos quadros foi a quantidade máxima de disjuntores que cada um poderia conter; no caso de os índices utilizados não considerarem a instalação dos disjuntores, o orçamentista deve incluir em seu orçamento de instalações elétricas, não só a instalação do quadro em si, como também a quantidade de disjuntores condizente com o número de circuitos para qual o quadro irá fornecer energia. Caso o quadro possua algum outro dispositivo adicional, tais como chaves e fusíveis, os mesmos também devem ser considerados.

3.8.1 Comparação entre os diversos índices

Foram analisados índices para instalação de disjuntores em quadros de força de corrente nominal de 1 a 50 Amperes, de cinco fontes de dados distintas, sendo duas nacionais [1] e [17], duas estrangeiras [14] e [16] e uma proveniente de um especialista em orçamentos, identificada como Banco de Dados Disjuntores 1 (BDD1).

Das cinco fontes analisadas, todas identificavam os disjuntores pela característica monopolar, bipolar ou tripolar e pela corrente nominal de alimentação. A Fig. 3.34 apresenta a comparação entre os índices para os disjuntores monofásicos, bifásicos e trifásicos.

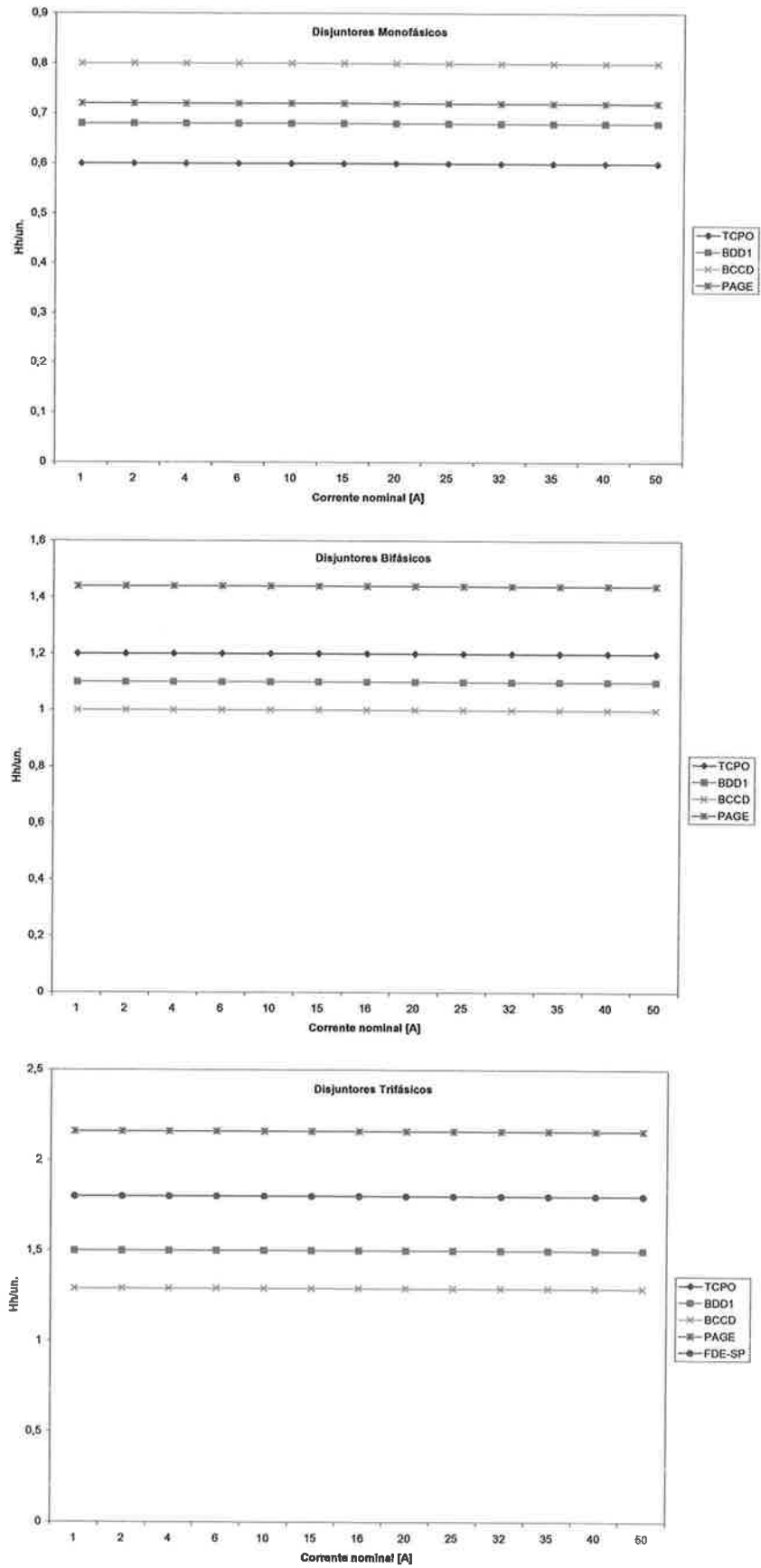


Fig. 3.34 – Comparação de índices Hh para disjuntores termomagnéticos

Analisando-se a Fig. 3.34, nota-se que nenhuma das fontes de dados analisadas fazem diferenciação dos índices com relação à corrente nominal; para todas, a variação do índice se deve à característica monopolar, bipolar ou tripolar. A análise do procedimento executivo de instalação dos disjuntores justifica a linearidade dos índices em função da corrente, característica que pode influenciar na massa do disjuntor, porém, não influencia no procedimento de instalação. Já a característica monopolar, bipolar ou tripolar influencia justamente por duplicar ou triplicar a quantidade de conexões elétricas que o eletricitista terá que realizar.

3.8.2 Equação característica

Devido à simplicidade da instalação dos disjuntores e a não variação dos índices com relação à corrente nominal, uma equação característica para os disjuntores é desnecessária. A Fig. 3.35 apresenta uma melhor visualização das fontes analisadas.

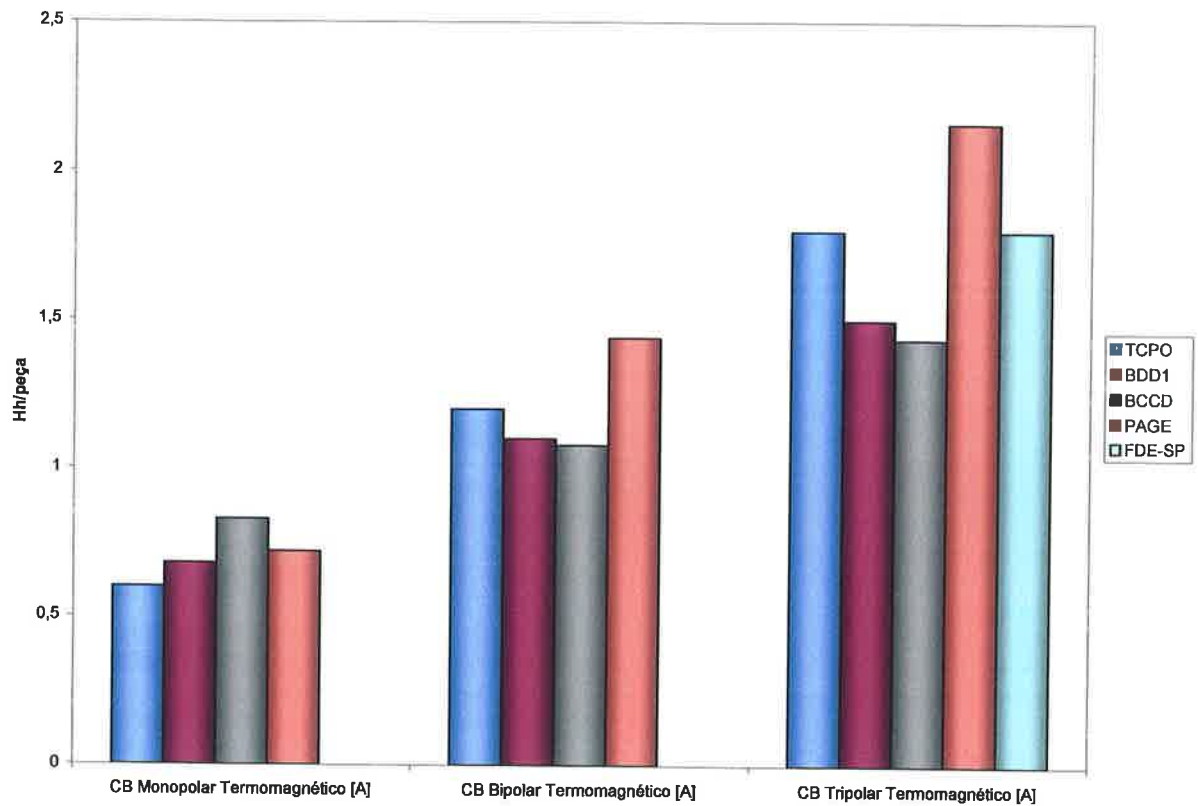


Fig. 3.35 - Comparação índices de Hh médios para disjuntores termomagnéticos

Analisando-se a Fig. 3.35, nota-se a grande proximidade entre os índices comparados, fato este que pode ser justificado pela simplicidade do serviço. As Tabelas 3.31, 3.32 e 3.33 apresentam os valores médios, máximos e mínimos das fontes analisadas.

Tabela 3.31 - Índices médios, máximos e mínimos para disjuntores monopulares

Disjuntor monopolar termomagnético			
Corrente Nominal [A]	Hh/un.		
	Mínimo	Média	Máximo
1	0,60	0,70	0,80
2	0,60	0,70	0,80
4	0,60	0,70	0,80
6	0,60	0,70	0,80
10	0,60	0,70	0,80
15	0,60	0,70	0,80
20	0,60	0,70	0,80
25	0,60	0,70	0,80
32	0,60	0,70	0,80
35	0,60	0,70	0,80
40	0,60	0,70	0,80
50	0,60	0,70	0,80

Tabela 3.32 - Índices médios, máximos e mínimos para disjuntores bipolares

Disjuntor bipolar termomagnético			
Corrente Nominal [A]	Hh/un.		
	Mínimo	Média	Máximo
1	1,00	1,19	1,44
2	1,00	1,19	1,44
4	1,00	1,19	1,44
6	1,00	1,19	1,44
10	1,00	1,19	1,44
15	1,00	1,19	1,44
16	1,00	1,19	1,44
20	1,00	1,19	1,44
25	1,00	1,19	1,44
32	1,00	1,19	1,44
35	1,00	1,19	1,44
40	1,00	1,19	1,44
50	1,00	1,19	1,44

Tabela 3.33 - Índices médios, máximos e mínimos para disjuntores tripolares

Disjuntor tripolar termomagnético			
Corrente Nominal [A]	Hh/un.		
	Mínimo	Média	Máximo
1	1,29	1,69	2,16
2	1,29	1,69	2,16
4	1,29	1,69	2,16
6	1,29	1,69	2,16
10	1,29	1,69	2,16
15	1,29	1,69	2,16
16	1,29	1,69	2,16
20	1,29	1,69	2,16
25	1,29	1,69	2,16
32	1,29	1,69	2,16
35	1,29	1,69	2,16
40	1,29	1,69	2,16
50	1,29	1,69	2,16

3.8.3 Levantamento / Estudo de interferências

Das fontes analisadas, apenas Page [14] apresenta um critério para correção dos índices, apresentando uma diferenciação média nos índices de 8% para disjuntores que não possuem fixação de encaixe, e sim parafusados, considerando, assim, um multiplicador médio de 1,08 no tempo total de instalação para a fixação dos disjuntores ao quadro por parafusos.

3.8.4 Conclusões – Disjuntores

Após análise das fontes de dados citadas, pode-se obter as seguintes conclusões sobre os disjuntores termomagnéticos:

- A atividade que demanda maior parte do tempo na instalação dos disjuntores em quadros de força é a conexão elétrica dos cabos, fato que apresenta diferenciação dos índices pela característica monopolar, bipolar e tripolar.
- Das fontes de dados analisadas, a diferenciação entre os índices apresentados é pequena, se comparada com os equipamentos / materiais já analisados, fato que pode ser justificado pela simplicidade do procedimento.

Sendo assim, pode-se apresentar a tabela com os multiplicadores para otimização dos índices, conforme Tabela 3.34.

Tabela 3.34 – Tabela de otimização de índices para disjuntores

Serviço:	Multiplicador
Instalação de disjuntores em quadros de força	
Tipo de instalação	
Disjuntor de encaixe	--
Disjuntor parafusado	1,08

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO COMPARATIVA

Este capítulo irá apresentar um comparativo entre o método existente de estimativa de índices de Homem-hora para instalações elétricas industriais presentes na TCPO [1] e a metodologia aqui proposta.

Na etapa de atribuição de índices de Homem-hora aos materiais / equipamentos a serem instalados / montados, o profissional de orçamentos, ao criar suas composições, pode optar por basear-se em sua experiência profissional, em índices da própria empresa em que trabalha e também nas bibliografias conceituadas presentes na área de orçamentos, entre elas, pode-se citar a TCPO [1] da Pini como uma das mais conceituadas e utilizadas.

A Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) é um guia que apresenta uma grande variedade de composições de construção civil. Já em décima segunda edição, está sempre sendo atualizada com relação aos novos processos de construção desenvolvidos. Em sua última edição apresentou, para algumas composições específicas de construção civil, índices de Homem-hora variáveis, originários de estudos de produtividade variável para construção civil. Para a engenharia elétrica, a TCPO [1] possui composições mais específicas para instalações residenciais e prediais, não realizando nenhum estudo de produtividade variável sobre os mesmos.

Com o presente estudo, o profissional de orçamentos terá subsídios para realizar um orçamento de instalações elétricas com maior precisão com relação aos seus índices de

produtividade, uma vez que a metodologia aqui apresentada estabelece critérios para a definição de índices de produtividade mais adequados para a realização de cada atividade.

4.1 Comparativo TCPO

Supõe-se que uma construtora, na realização de um orçamento de obra, tenha como um dos itens mais significativos para os serviços de instalações elétricas, a instalação dos cabos de potência, apresentados na Fig. 4.1.

Item	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo Total
1 Instalações elétricas				
1.1 Cabos de Potência				
1.1.1 Lançamento de cabos potência 16mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	120		
1.1.2 Lançamento de cabos potência 25mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	120		
1.1.3 Lançamento de cabos potência 35mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	120		
1.1.4 Lançamento de cabos potência 50mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	90		
1.1.5 Lançamento de cabos potência 95mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	90		
1.1.6 Lançamento de cabos potência 120mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	60		
Subtotal instalações elétricas				

Fig. 4.1 – Planilha de quantidades e custos – Cabos de potência

As seguintes informações adicionais também foram obtidas da análise do memorial descritivo e das plantas de projeto:

- Os cabos de 16 a 25 mm² serão lançados em eletrodutos instalados a 6,0 metros de altura em trechos de, aproximadamente, 35 a 45 metros de comprimento.
- Os cabos de 35 a 120 mm² serão lançados em bandejas instaladas a 3,0 metros de altura em trechos de, aproximadamente, 35 a 45 metros de comprimento.

Uma vez que o profissional de orçamentos possui a planilha de quantidades, significa que um levantamento de quantidades ou “take-off” já foi realizado. Se o mesmo foi fornecido pela empresa que está contratando o serviço, uma conferência dos itens de maior relevância é recomendada. A próxima etapa seria, então, a montagem das composições para a

determinação do custo unitário dos serviços. Sendo assim, a Fig. 4.2 apresenta a composição para o serviço de lançamento de cabos de potência 16mm² unipolar 0,6/1,0 kV em eletrodutos (item 1.1.1).

Serviço: Lançamento cabos potência 16mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em eletrodutos					Unid.: m	
Descrição	Un	Coef	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual
Material						
Cabo isolado em PVC 16mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	4,16	4,24	
Total material						
Mão de Obra						
ELETRICISTA	h			3,70		
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h			2,68		
ENCARGOS SOCIAIS	%	120				
Total mão de obra						
Custo Unitário						

Fig. 4.2 – Composição de lançamento de cabos de potência 16mm² unipolar 0,6/1,0kV em eletrodutos

Nesta etapa do orçamento, para que o orçamentista possa obter o custo unitário do serviço, ele deve tomar por base o custo unitário do cabo de potência praticado na região onde será realizada a obra, preocupando-se em atribuir uma margem de perda para o insumo, fato este que explica o coeficiente de 1,02 para o cabo de potência. Os valores de preços em Reais (R\$) adotados para a análise foram obtidos da revista Construção Mercado [19], considerando uma obra realizada no estado de São Paulo.

Para efeitos de comparação da realização do orçamento com os dados obtidos do presente estudo com a TCPO [1], serão montadas as composições, considerando que o orçamentista se utilizaria somente dos índices da TCPO para todos os itens da planilha apresentada na Fig. 4.1. As Figs. 4.3 e 4.4 apresentam as composições com a utilização dos índices da TCPO.

Serviço: Lançamento cabos potência 16mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em eletrodutos						Unid.: m	
Descrição	Un	Coef	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual	
Material							
Cabo isolado em PVC 16mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	4,16	4,24	65,43%	
Total material					4,24	65,43%	
Mão de Obra							
ELETRICISTA	h	0,16	6,25	3,70	0,59	9,10%	
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,16	6,25	2,68	0,43	6,64%	
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	1,22	18,83%	
Total mão de obra					2,24	34,57%	
Custo Unitário					6,48	100,00%	

Serviço: Lançamento cabos potência 25mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em eletrodutos						Unid.: m	
Descrição	Un	Coef	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual	
Material							
Cabo isolado em PVC 25mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	6,51	6,64	73,45%	
Total material					6,64	73,45%	
Mão de Obra							
ELETRICISTA	h	0,17	5,88	3,70	0,63	6,97%	
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,17	5,88	2,68	0,46	5,09%	
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	1,31	14,49%	
Total mão de obra					2,4	26,55%	
Custo Unitário					9,04	100,00%	

Serviço: Lançamento cabos potência 35mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em bandejas						Unid.: m	
Descrição	Un	Coef	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual	
Material							
Cabo isolado em PVC 35mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	8,81	8,99	75,29%	
Total material					8,99	75,29%	
Mão de Obra							
ELETRICISTA	h	0,21	4,76	3,70	0,78	6,53%	
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,21	4,76	2,68	0,56	4,69%	
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	1,61	13,48%	
Total mão de obra					2,95	24,71%	
Custo Unitário					11,94	100,00%	

Fig. 4.3 – Composições de custo TCPO – Cabos de 16 a 35mm²

Serviço: Lançamento cabos potência 50mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em bandejas						Unid.: m	
Descrição	Un	Coef	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual	
Material							
Cabo isolado em PVC 50mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	12,67	12,92	74,77%	
Total material					12,92	74,77%	
Mão de Obra							
ELETRICISTA	h	0,31	3,23	3,70	1,15	6,66%	
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,31	3,23	2,68	0,83	4,80%	
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	2,38	13,77%	
Total mão de obra					4,36	25,23%	
Custo Unitário					17,28	100,00%	

Serviço: Lançamento cabos potência 95mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em bandejas						Unid.: m	
Descrição	Un	Coef	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual	
Material							
Cabo isolado em PVC 95mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	23,93	24,41	82,89%	
Total material					24,41	82,89%	
Mão de Obra							
ELETRICISTA	h	0,36	2,78	3,70	1,33	4,52%	
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,36	2,78	2,68	0,96	3,26%	
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	2,75	9,34%	
Total mão de obra					5,04	17,11%	
Custo Unitário					29,45	100,00%	

Serviço: Lançamento cabos potência 120mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em bandejas						Unid.: m	
Descrição	Un	Coef	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual	
Material							
Cabo isolado em PVC 120mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	30,42	31,03	82,79%	
Total material					31,03	82,79%	
Mão de Obra							
ELETRICISTA	h	0,46	2,17	3,70	1,7	4,54%	
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,46	2,17	2,68	1,23	3,28%	
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	3,52	9,39%	
Total mão de obra					6,45	17,21%	
Custo Unitário					37,48	100,00%	

Fig. 4.4 – Composições de custo TCPO – Cabos de 50 a 120mm²

A TCPO considera o lançamento de cabos de potência apresentados, como sendo realizados em eletrodutos. Por não apresentar índices ou fatores de correção para o lançamento em bandejas, os mesmos índices para eletrodutos, foram considerados para o lançamento em bandejas. Uma vez calculados, os custos unitários dos serviços podem ser migrados para a planilha de quantidades e custos da Fig. 4.1, conforme apresentado na Fig. 4.5.

Item	Unid.	Quantidade	Custo Unitário		Custo Materiais	Custo Mão de Obra	Custo Total
			Mat.	M.O.			
1 Instalações elétricas							
1.1 Cabos de Potência							
1.1.1 Lançamento de cabos potência 16mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	120	4,24	2,24	508,80	268,80	777,60
1.1.2 Lançamento de cabos potência 25mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	120	6,64	2,40	796,80	288,00	1.084,80
1.1.3 Lançamento de cabos potência 35mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	120	8,99	2,95	1.078,80	354,00	1.432,80
1.1.4 Lançamento de cabos potência 50mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	90	12,92	4,36	1.162,80	392,40	1.555,20
1.1.5 Lançamento de cabos potência 95mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	90	24,41	5,04	2.196,90	453,60	2.650,50
1.1.6 Lançamento de cabos potência 120mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	60	31,03	6,45	1.861,80	387,00	2.248,80
Subtotal instalações elétricas					7.605,90	2.143,80	9.749,70

Fig. 4.5 - Planilha de quantidades e custos - TCPO

Para efeitos de comparação da metodologia aqui apresentada com o orçamento realizado com base nos índices apresentados pela TCPO, ao invés de se utilizar os índices de produtividade apresentados pela Tabela 3.2, sendo os mesmos originários das curvas médias da comparação entre as fontes de dados. Serão utilizados os mesmos valores de produtividade para os serviços apresentados pela TCPO.

Para a montagem das composições com base na metodologia aqui apresentada, três novas colunas são adicionadas para ajuste dos índices, conforme apresentado na Fig. 4.6.

Serviço: Lançamento cabos potência 16mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em eletrodutos										Unid.: m	
Descrição	Un	Coef	Multiplicadores			Índice Hh otimizado	Produtividade	Custo Unif.	Custo Total	Percentual	
			Local de Instalação	Altura de Instalação	Comprimento de lançamento						
Material											
Cabo isolado em PVC 16mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	-	-	-	-	4,16	4,24	65,43%	
Total material									4,24	65,43%	
Mão de Obra											
ELETRICISTA	h	0,16	1	1	1	0,16	6,25	3,70	0,59	9,10%	
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,16	1	1	1	0,16	6,25	2,68	0,43	6,64%	
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	-	-	-	-	1,22	18,83%	
Total mão de obra									2,24	34,57%	
Custo Unitário									6,48	100,00%	

Fig. 4.6 – Composição de lançamento de cabos de potência 16mm² unipolar 0,6/1,0kV em eletrodutos – Metodologia proposta

Conforme mencionado no início do estudo comparativo, três características do serviço foram apresentadas:

- Local de instalação;
- Altura de instalação;
- Comprimento de lançamento.

Com a metodologia apresentada, o orçamentista pode otimizar seus índices com as características acima mencionadas. Sendo assim, pode-se corrigir os mesmos com os multiplicadores apresentados na Tabela 3.13 proveniente do estudo / análise das características de montagem para cabos de potência unipolares, para classe de tensão 0,6/1kV. As Fig. 4.7 e 4.8 apresentam as composições de custo já com os coeficientes de ajuste.

Serviço: Lançamento cabos potência 16mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em eletrodutos											Unid.: m		
Descrição	Un	Coef	Multiplicadores			Índice Hh otimizado	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual			
			Local de Instalação	Altura de Instalação	Comprimento de lançamento								
Material													
Cabo isolado em PVC 16mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	-	-	-	-	4,16	4,24	69,85%			
									Total material	4,24	69,85%		
Mão de Obra													
ELETRICISTA	h	0,16	1	1,12	0,7	0,13	7,69	3,70	0,48	7,91%			
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,16	1	1,12	0,7	0,13	7,69	2,68	0,35	5,77%			
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	-	-	-	-	1	16,47%			
									Total mão de obra	1,83	30,15%		
Custo Unitário									6,07	100,00%			

Serviço: Lançamento cabos potência 25mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em eletrodutos											Unid.: m		
Descrição	Un	Coef	Multiplicadores			Índice Hh otimizado	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual			
			Local de Instalação	Altura de Instalação	Comprimento de lançamento								
Material													
Cabo isolado em PVC 25mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	-	-	-	-	6,51	6,64	78,39%			
									Total material	6,64	78,39%		
Mão de Obra													
ELETRICISTA	h	0,17	1	1,12	0,7	0,13	7,69	3,70	0,48	5,67%			
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,17	1	1,12	0,7	0,13	7,69	2,68	0,35	4,13%			
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	-	-	-	-	1	11,81%			
									Total mão de obra	1,83	21,61%		
Custo Unitário									8,47	100,00%			

Serviço: Lançamento cabos potência 35mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em bandejas											Unid.: m		
Descrição	Un	Coef	Multiplicadores			Índice Hh otimizado	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual			
			Local de Instalação	Altura de Instalação	Comprimento de lançamento								
Material													
Cabo isolado em PVC 35mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	-	-	-	-	8,81	8,99	81,95%			
									Total material	8,99	81,95%		
Mão de Obra													
ELETRICISTA	h	0,21	0,87	1,08	0,7	0,14	7,14	3,70	0,52	4,74%			
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,21	0,87	1,08	0,7	0,14	7,14	2,68	0,38	3,46%			
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	-	-	-	-	1,08	9,85%			
									Total mão de obra	1,98	18,05%		
Custo Unitário									10,97	100,00%			

Fig. 4.7 – Composições de custo - Metodologia proposta – Cabos de 16 a 35mm²

Serviço: Lançamento cabos potência 50mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em bandejas											Unid.: m	
Descrição	Un	Coef	Multiplicadores			Índice Hh otimizado	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual		
			Local de Instalação	Altura de instalação	Comprimento de lançamento							
Material												
Cabo isolado em PVC 50mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	-	-	-	-	12,67	12,92	82,08%		
Total material									12,92	82,08%		
Mão de Obra												
ELETRICISTA	h	0,31	0,87	1,08	0,7	0,2	5	3,70	0,74	4,70%		
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,31	0,87	1,08	0,7	0,2	5	2,68	0,54	3,43%		
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	-	-	-	-	1,54	9,78%		
Total mão de obra									2,82	17,92%		
Custo Unitário											15,74	100,00%

Serviço: Lançamento cabos potência 95mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em bandejas											Unid.: m	
Descrição	Un	Coef	Multiplicadores			Índice Hh otimizado	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual		
			Local de Instalação	Altura de instalação	Comprimento de lançamento							
Material												
Cabo isolado em PVC 95mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	-	-	-	-	23,93	24,41	87,87%		
Total material									24,41	87,87%		
Mão de Obra												
ELETRICISTA	h	0,36	0,87	1,08	0,7	0,24	4,17	3,70	0,89	3,20%		
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,36	0,87	1,08	0,7	0,24	4,17	2,68	0,64	2,30%		
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	-	-	-	-	1,84	6,62%		
Total mão de obra									3,37	12,13%		
Custo Unitário											27,78	100,00%

Serviço: Lançamento cabos potência 120mm ² unipolar 0,6/1,0 kV em bandejas											Unid.: m	
Descrição	Un	Coef	Multiplicadores			Índice Hh otimizado	Produtividade	Custo Unit.	Custo Total	Percentual		
			Local de Instalação	Altura de instalação	Comprimento de lançamento							
Material												
Cabo isolado em PVC 120mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	1,02	-	-	-	-	-	30,42	31,03	88,08%		
Total material									31,03	88,08%		
Mão de Obra												
ELETRICISTA	h	0,46	0,87	1,08	0,7	0,3	3,33	3,70	1,11	3,15%		
AJUDANTE DE ELETRICISTA	h	0,46	0,87	1,08	0,7	0,3	3,33	2,68	0,8	2,27%		
ENCARGOS SOCIAIS	%	120	-	-	-	-	-	-	2,29	6,50%		
Total mão de obra									4,2	11,92%		
Custo Unitário											35,23	100,00%

Fig. 4.8 – Composições de custo - Metodologia proposta – Cabos de 50 a 120mm²

A partir das composições de custo das Figs. 4.7 e 4.8, os custos unitários podem ser migrados para a planilha de serviços da Fig. 4.1, conforme apresentado na Fig. 4.9.

Item	Unid.	Quantidade	Custo Unitário		Custo Materiais	Custo Mão de Obra	Custo Total
			Mat.	M.O.			
1 Instalações elétricas							
1.1 Cabos de Potência							
1.1.1 Lançamento de cabos potência 16mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	120	4,24	1,83	508,80	219,60	728,40
1.1.2 Lançamento de cabos potência 25mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	120	6,64	1,83	796,80	219,60	1.016,40
1.1.3 Lançamento de cabos potência 35mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	120	8,99	1,98	1.078,80	237,60	1.316,40
1.1.4 Lançamento de cabos potência 50mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	90	12,92	2,82	1.162,80	253,80	1.416,60
1.1.5 Lançamento de cabos potência 95mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	90	24,41	3,37	2.196,90	303,30	2.500,20
1.1.6 Lançamento de cabos potência 120mm ² unipolar 0,6/1,0 kV	m	60	31,03	4,20	1.861,80	252,00	2.113,80
Subtotal instalações elétricas					7.605,90	1.485,90	9.091,80

Fig. 4.9 - Planilha de quantidades e custos Metodologia proposta

Comparando-se os resultados obtidos da planilha de quantidades e custos, obtida pelos índices apresentados pela TCPO [1], e os resultados obtidos da planilha de quantidades e custos obtida da metodologia proposta, nota-se uma redução de 30% nos custos de mão-de-obra, cujo valor, dependendo da quantidade de serviço a ser executado, é extremamente significativo para efeitos de custo e planejamento.

É importante salientar que, da mesma forma que os valores de custo de mão-de-obra obtidos foram 30% inferiores, os mesmos, dependendo do caso, poderiam ser também superiores; porém, as chances de os valores obtidos estarem mais próximos da realidade da execução são bem superiores, uma vez que foram otimizados com os critérios técnicos apresentados; afinal, é este o objetivo principal de uma estimativa.

Conforme já mencionado, o objetivo do estudo não é contrariar os índices existentes, e sim aprimorar o processo de definição dos mesmos, sendo que o orçamentista pode, inclusive, utilizar-se dos índices existentes como referência inicial. As próprias bibliografias conceituadas no assunto alertam sobre a importância de ajuste dos índices condizentes com a realidade / característica de cada obra e empresa executante e, até mesmo, da condição econômica regional [18]. Fica, assim, este ajuste dependente do sentimento de cada profissional da área.

O presente estudo transforma este sentimento de análise e ajuste de índices em algo mais analítico. As vantagens de se realizar uma estimativa de custos com o maior número de critérios possíveis dentro do bom senso e tempo disponível para o mesmo assegura um maior grau de confiabilidade no orçamento, aumentando-se, assim, as chances de se vencer uma concorrência.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Algumas conclusões podem ser obtidas, sendo relacionadas à importância da estimativa em âmbitos profissionais das grandes empresas de Engenharia. Uma estimativa errada na realização e planejamento de determinada atividade pode resultar em prejuízos elevados no momento da execução da obra.

Conforme mencionado na introdução do estudo, mesmo em obras, em que, fica sob responsabilidade da construtora ou montadora o fornecimento dos materiais, quando são de grande quantidade e também pelo fato de se tentar reduzir ao máximo o preço ofertado ao cliente, os materiais, sejam estes cabos, postes, transformadores, isoladores, etc. podem ser faturados diretamente ao cliente, ou seja, não há rendimento algum sob o custo dos mesmos. Ficando assim, a cargo da montadora a administração da obra, nos aspectos de controle, planejamento e execução, onde a estimativa da mão-de-obra, já prevenindo e se assegurando de possíveis interferências, é fundamental para o planejamento e execução da mesma, o que influi diretamente nos lucros.

O estudo da estimativa da mão-de-obra para instalações elétricas industriais e residenciais é pouco desenvolvido no Brasil, ao contrário da estimativa para a construção civil, o estudo de índices de produtividade é bem difundido em países de primeiro mundo, onde se pode facilmente encontrar, inclusive, associações que regulamentam a profissão do Engenheiro Orçamentista [20], chamada nos E.U.A., de “*Estimators*”.

Com os exemplos apresentados no estudo, pode-se ver a grande dificuldade de se tentar definir condições físicas que possam afetar, positiva e negativamente, a realização das atividades. O grande número de variáveis e incertezas envolvidas tornam o desafio de se tentar representar tais efeitos, analiticamente, maior ainda. O que só fortifica a afirmação da não existência de um índice ideal e sim de uma faixa de variação, seja esta definida por uma amostra mínima proveniente de um histórico de profissionais da área, ou de empresas especializadas. A obtenção da curva média dá início ao estudo das interferências / características de montagem, variáveis e incertezas que devem ser consideradas na realização de cada atividade, em que, os índices de produtividade não escapam de um ajuste final, quando da totalização em função de variáveis macros, tais como ajustes de cronograma, para se atender prazos e metas.

5.1 Continuidade do trabalho

Com os desenvolvimentos tecnológico de processos, gerando modificações nas filosofias de construção e montagem, tanto no âmbito de materiais quanto de equipamentos, o presente estudo pode ser atualizado para contemplar tais modificações. A tendência dos índices de instalações elétricas, industriais e residenciais é diminuir cada vez mais, seja pelo aprimoramento de ferramentas que facilitam o trabalho, materiais e equipamentos mais fáceis de se instalar e também pelo aprimoramento de habilidades da mão-de-obra nos processos executivos.

O presente estudo não somente pode ser atualizado, mas pode também ser adequado às realidades e perfil de cada empresa executante. Cada uma deve possuir e atualizar um banco de dados de seu histórico de produtividade na realização de seus serviços, condizente com a

realidade tecnológica e qualificação profissional de seus empregados ou sub-contratados, criando-se, dessa forma, um histórico de dados que irá ajudar, junto com os critérios aqui apresentados, a propor a melhor definição dos índices de instalações elétricas industriais e residenciais.

Pesquisadores no assunto, sejam estes especialistas em eletricidade, mecânica, civil e produção podem desenvolver novas metodologias que melhor se adequem às suas áreas de atuação, utilizando-se, como referência, as apresentadas aqui e as já existentes no meio acadêmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] TCPO 12: **Tabelas de composições de preços para orçamentos**. 12. ed. São Paulo: Pini, 2003. 512 p.
- [2] SOUZA, U. E. L. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado**. 1996. 280p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.
- [3] ARAUJO, L. O. C. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão-de-obra na execução de formas, armação, concretagem e alvenaria**. 2000. 385p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.
- [4] LIBRAIS, C. F. **Método prático para estudo da produtividade da MO no serviço de revestimento interno de paredes e pisos com placas cerâmicas**. 2001. 117p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.
- [5] SOUZA, U. E. L. **Método para a previsão da produtividade da mão-de-obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos**. 2001. 357 p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.
- [6] REIS, F. S. B. **Produtividade da mão-de-obra e consumo unitário de materiais no serviço de coberturas com telhado**. 2005. 268p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.
- [7] AVILA, A. V.; LIBRELOTTO, L. I.; LOPES, O. C. **Orçamento de obras**. Florianópolis – S.C. Apostila Curso de Arquitetura e Urbanismo – Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, 2003. 67p.
- [8] GIAMMUSSO, S. A. **Orçamento e Custos na Construção Civil**. 2 ed. São Paulo: Pini, 1991. 181p.
- [9] SOUZA, U. E. L. **Subsídios para a avaliação do custo da mão de obra na construção civil**. São Paulo, 1991. 42p. – texto técnico – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- [10] SINK, D. S. **Productivity management: planning, measurement and evaluation, control and improvement**. New York: John Wiley, 1985. 518p.

- [11] PAGE, J. S. **Conceptual cost estimating manual**. 2. ed. Houston: Gulf Publishing Company, 1996. 327p.
- [12] TYLER, E. J. **2005 National electrical estimator**. Craftsman Book Company, 2005. 550p.
- [13] ARAÚJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. **Método para o dimensionamento da equipe de carpinteiros para o serviço de formas**. São Paulo. EPUSP-PCC.
- [14] PAGE, J. S. **Estimator's electrical man-hour manual**. 3. ed. Houston: Gulf Publishing Company, 1999. 440p.
- [15] Prefeitura do Município de São Paulo, Secretaria de Serviços e Obras, Departamento de Edificações. Apresenta tabelas de composições de custo. Tab. Ref. Maio/04. Disponível em: <http://portal.prefeitura.sp.gov.br/secretarias/infraestruturaurbana/tabela_de_precos/0001>. Acesso em 15 julho 2005.
- [16] BUILDING CONSTRUCTION COST DATA. 59 ed. R.S. Means, 2001. 694p.
- [17] Fundação para o Desenvolvimento da Educação. Apresenta tabela de preços unitários e composições de Obra Escolar, Tab. Ref. Março/2006. Disponível em: <www.fde.sp.gov.br>. Acesso em 03 de abril 2006.
- [18] PAGE, J. S. **Estimator's general construction man-hour manual**. 2. ed. Houston: Gulf Publishing Company, 1999. 252p.
- [19] CONSTRUÇÃO MERCADO. Revista de Custos, suprimentos, planejamento e controle de obras. São Paulo: Pini, Jan. 2006
- [20] American Society of Professional Estimators. Apresenta livros e softwares para orçamento de obras. Disponível em: <www.aspenational.com>. Acesso em 29 set. 2005.
- [21] BROOK, M. **Estimating and tendering for construction work**. 3. ed. Burlington: Elsevier, 2004. 310p.
- [22] FERRY D. J.; BRANDON P. S.; FERRY J. D. **Cost Planning of Buildings**. 7. ed. Oxford: Blackwell Science, 1999. 376p.

[23] PAGE, J. S. **Estimator's equipment installation man-hour manual**. 3. ed. Houston: Gulf Publishing Company, 1999. 212p.

[24] BRIEN, J. J. **Preconstruction estimating budget through bid**. New York: McGraw-Hill, 1994. 596p.

[25] BOGADO, J. G. M. **Aumento da produtividade e diminuição de desperdícios na construção civil**. 1998. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

[26] MAEDA, F. M. **Produtividade da mão de obra nos serviços de revestimento interno de paredes e tetos em argamassa e em gesso**. 2002. 300p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.