

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COECI - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DJONATAN KAWEI BORCHARDT

**DETERMINAÇÃO DE EQUAÇÕES PARAMÉTRICAS PARA  
ELABORAÇÃO DE ESTIMATIVAS PRELIMINARES DE CUSTOS DE  
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2016

DJONATAN KAWEI BORCHARDT

**DETERMINAÇÃO DE EQUAÇÕES PARAMÉTRICAS PARA  
ELABORAÇÃO DE ESTIMATIVAS PRELIMINARES DE CUSTOS DE  
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à obtenção  
do título de Bacharel, do curso de Engenharia  
Civil, da Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná.

Orientador: Prof. Dra. Lucia Bressiani

TOLEDO

2016



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 039

**Determinação de equações paramétricas para elaboração de estimativas preliminares de custos de instalações elétricas**

por

**Djonatan Kawei Borchardt**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 10:20 h do dia **23 de Novembro de 2016** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Silmara Dias Feiber  
(UTFPR – TD)

---

Prof. Christian Valcir Kniphoff de Oliveira  
(UTFPR – TD)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Lucia Bressiani  
(UTFPR – TD)  
Orientadora

---

Visto da Coordenação  
Prof<sup>ª</sup>. MSc. Silvana da Silva  
Coordenador da COECI

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## **AGRADECIMENTOS**

A Dirceu Valmir Borchardt e Mirna Salete Gross, meus pais, por tudo aquilo que são e têm feito ao longo desta minha trajetória, pelo amor e apoio incondicional, pois não mediram esforços para que eu alcançasse mais esta conquista

A minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Lucia Bressiani, agradeço a dedicação e o apoio que contribuíram de forma decisiva no desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Aos membros da banca, Prof. Christian Valcir Kniphoff de Oliveira e Prof.<sup>a</sup> Silmara Dias Feiber, por aceitarem o convite, e por terem participado com críticas e sugestões.

Aos engenheiros que forneceram os projetos utilizados neste trabalho.

Aos meus amigos e minha família, pelo apoio e colaboração na superação das dificuldades da vida, e pelos momentos de alegria.

A todos que de alguma forma me auxiliaram na realização deste trabalho.

## RESUMO

Borchardt, Djonatan Kawei. Determinação de equações paramétricas para elaboração de estimativas preliminares de custos de instalações elétricas. 99 f. Monografia, Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo, 2016.

O orçamento de um empreendimento é um processo que demanda tempo e muita atenção de seu executor, pois uma obra é composta por inúmeros serviços e insumos desde seu início ao término. Quanto mais divididos forem os pacotes de serviços do orçamento, maior será sua precisão. Entretanto, nem sempre se dispõem do tempo necessário para fazê-lo da forma com que se deveria. Muitas vezes, também é constatada a falta dos projetos e especificações no momento da realização da estimativa de custos. Em função disso, este trabalho procura contribuir com o estudo de indicadores paramétricos, que podem ser utilizados para realização de estimativas preliminares de custos. Para isso, foi efetuado um estudo buscando gerar indicadores para o processo de quantificação de insumos referentes a instalações elétricas. Para a realização do trabalho foram utilizados 50 projetos elétricos de residências unifamiliares da região Oeste do Paraná. Os projetos são todos de residências de um pavimento, cujas áreas variam entre  $96,37\text{m}^2$  e  $213,75\text{m}^2$ , e foram projetados por diferentes profissionais, tanto no que se refere aos projetos elétricos, como dos arquitetônicos. Numa primeira etapa foram levantados os dados dos projetos, tais como, área construída, comprimento dos fios elétricos, números de pontos elétricos, comprimento dos eletrodutos, números de tomadas, interruptores e luminárias. Após o levantamento dos dados, foram gerados os gráficos de regressão e suas respectivas equações paramétricas e calculados os índices, que passaram por análises estatísticas, e posteriormente comparados com outros índices já existentes na literatura. Com principais resultados pode ser destacado que os indicadores em função do número de pontos elétricos se apresentaram mais precisos, mostrando assim que existe uma relação proporcional entre o aumento da quantidade de pontos elétricos e do comprimento dos eletrodutos e fios elétricos.

**Palavras-chave:** Indicadores. Índices paramétricos. Projetos elétricos. Estimativas de custo. Orçamento

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	8
1.2 OBJETIVOS.....	10
1.2.1 Objetivo Geral.....	10
1.2.2 Objetivos Específicos.....	10
1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	10
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA</b> .....	<b>12</b>
2.1 ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	12
2.2 VARIABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
2.2.1 Variação de aspectos geométricos e tecnológicos .....	18
2.2.2 Variação na produtividade da mão de obra .....	20
2.2.3 Variação do consumo de materiais.....	21
2.2.4 Variação nos preços de insumos.....	22
2.3 TIPOS DE ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	22
2.3.1 Estimativa de custo.....	23
2.3.1.1 Custo Unitário Básico (CUB).....	24
2.3.1.2 Custo Unitário PINI de Edificações (CUPE).....	25
2.3.1.2 Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).....	26
2.3.2 Orçamento preliminar .....	26
2.3.3 Orçamento detalhado ou analítico .....	27
2.4 ORÇAMENTOS PARAMÉTRICOS.....	27
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>34</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	34
3.2 DESCRIÇÃO DA AMOSTRA.....	34
3.3 COLETA DE DADOS.....	35
3.4 ANÁLISE DE DADOS .....	36
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>40</b>
4.1 NÚMERO DE PONTOS ELÉTRICOS POR ÁREA CONSTRUÍDA (PONTO/M <sup>2</sup> ).....	40
4.2 COMPRIMENTO DOS FIOS ELÉTRICOS POR ÁREA CONSTRUÍDA (M/M <sup>2</sup> ).....	43
4.3 COMPRIMENTO DOS ELETRODUTOS POR ÁREA CONSTRUÍDA (M/M <sup>2</sup> ).....	45
4.4 COMPRIMENTO DOS FIOS ELÉTRICOS POR NÚMERO DE PONTOS ELÉTRICOS (M/PONTO).....	47

4.5 COMPRIMENTO DOS ELETRODUTOS POR NÚMERO DE PONTOS ELÉTRICOS (M/PONTO).....	49
4.6 NÚMERO DE INTERRUPTORES POR ÁREA CONSTRUÍDA (PONTO/M <sup>2</sup> ) .....	52
4.7 NÚMERO DE TOMADAS POR ÁREA CONSTRUÍDA (PONTO/M <sup>2</sup> ) .....	53
4.8 NÚMERO DE LUMINÁRIAS POR ÁREA CONSTRUÍDA (PONTO/M <sup>2</sup> ).....	55
4.9 RELAÇÃO DOS INDICADORES OBTIDOS .....	57
4.10 COMPARAÇÃO DOS INDICADORES DESENVOLVIDOS COM O MÉTODO ANALÍTICO .....	59
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>61</b>
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	62
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>
APÊNDICE A – Resumo dos quantitativos dos projetos .....	67
APÊNDICE B – Relação entre os indicadores propostos.....	69
APÊNDICE C – Relação entre os indicadores propostos com projetos 46, 47 e 50 excluídos .....	72
APÊNDICE D – Plantas baixas dos projetos utilizados.....	75

## 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil segue em constante busca do melhoramento de seu desempenho e do reconhecimento da qualidade em todos os seus setores. O setor de orçamentos vem lentamente adquirindo maior atenção, em virtude da redução da margem de lucro com o crescente aumento da concorrência (BAZANELLI, 2003).

O aspecto financeiro é um fator primordial para o cliente. Dessa forma, além da atenção minuciosa do engenheiro orçamentista na hora de orçar, é necessário fazer uso do método mais preciso para a concepção do orçamento.

Mattos (2006) afirma que o orçamento mais preciso é o orçamento analítico, que considera a decomposição da obra em etapas, sendo subsidiado pelo levantamento de quantitativos dos serviços nos projetos detalhados do empreendimento a ser executado. Porém, nem sempre é possível utilizá-lo, devido à falta de informações necessárias para tal. Geralmente esse tipo de orçamento só é utilizado quando já se tem os projetos complementares à disposição.

Neste sentido, surgem as estimativas paramétricas de custo, que normalmente associam a quantidade do serviço com a área de construção gerando indicadores, que podem ser utilizados em obras futuras, desenvolvidas com as mesmas características.

Assim, surge a necessidade de se desenvolver mais e melhores indicadores, de forma a tornar esse método mais preciso, visto que existem poucos indicadores que se referem aos projetos complementares, principalmente os relacionados a projetos elétricos.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

No cenário atual do setor da construção civil, a rapidez com que se necessitam os serviços, assim como informações e produtos só aumenta. Junto a isso, tem-se o



nível e a quantidade de concorrência que aumenta ao passar do tempo, aliados a clientes mais exigentes e menos tolerantes a erros.

Por outro lado, os métodos tradicionais para orçamentação são normalmente demorados e necessitam de grande quantidade de informações, as quais, nem sempre estão disponíveis no momento em que se necessita fazer o orçamento.

As equações paramétricas vêm dessa forma, contribuir com esta área, auxiliando o engenheiro orçamentista a efetuar a estimativa preliminar de custos de forma rápida e com uma maior precisão, principalmente no estudo de viabilidade do empreendimento.

Na análise da literatura é possível constatar alguns trabalhos desenvolvidos sobre o assunto. A maioria dos estudos enfocou o levantamento de indicadores para projetos arquitetônicos. Mesmo assim, a maioria está relacionada a projetos de apartamentos, não sendo constatada a realização de pesquisas com este enfoque para projetos de habitação unifamiliar com um pavimento, a qual é a delimitação deste trabalho.

Na área de projetos complementares (estrutural, hidrossanitário e elétrico) é constatada a maior escassez de pesquisas. Por outro lado, a elaboração de orçamentos para as instalações elétricas, na maioria das vezes, é efetuada considerando um percentual de representatividade deste serviço no custo global da obra. Isso porque a elaboração de orçamentos detalhados para estas instalações exige o levantamento de uma série de itens, o que demanda uma grande disponibilidade de tempo do orçamentista. Associado a isto, tem-se a informação do custo das instalações elétricas, que representam apenas 5% do custo total da obra, como especificado por Gonzalez (2008) e Mascaró (1985). Isso acaba incentivando os profissionais da área de orçamento a buscarem formas de estimar os custos destes itens, sem a necessidade de realização do orçamento detalhado.

Existem variadas metodologias para obtenção de estimativas de custo, desde as estimativas para viabilidade de concepção do empreendimento até a formulação de seu orçamento, propriamente dito. Para cada etapa da orçamentação então, é indicada uma metodologia que fornecerá os melhores resultados, de acordo com as informações disponíveis.

Desta forma, este trabalho busca contribuir com a determinação de indicadores paramétricos que possam aperfeiçoar o método de estimativas

preliminares de custos de projetos elétricos, visto a escassez de trabalhos desenvolvidos nesta área.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é obter indicadores paramétricos para levantamento de quantitativos de projetos elétricos de residências.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

O trabalho tem como objetivos específicos:

- Apresentar os critérios para obtenção de indicadores para estimativas preliminares de custos em projetos elétricos;
- Gerar equações para quantificação dos serviços;
- Comparar os índices obtidos com os apresentados na bibliografia;
- Comparar os quantitativos obtidos através dos indicadores com os quantitativos obtidos de forma analítica de um projeto isolado da amostra.

## 1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho apresenta o levantamento de quantitativos de alguns indicadores de instalações elétricas. Os indicadores gerados são referentes a edificações residenciais de um pavimento, com áreas variando entre 96,37 m<sup>2</sup> e 213,75 m<sup>2</sup>,

localizadas na Mesorregião Oeste do Paraná. A amostra de projetos utilizada para o levantamento de dados foi composta por 50 projetos e foi obtida por meio de diferentes profissionais, tanto no que se refere ao desenvolvimento do projeto arquitetônico, quanto no desenvolvimento de projetos elétricos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1 ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Orçamento é a definição dos gastos que serão efetuados para a realização de um projeto, apresentados em termos quantitativos, levando em conta um plano de execução pré-determinado (LIMMER, 2012).

De acordo com Avila, Librelotto e Lopes (2003), orçar é quantificar insumos, mão de obra e/ou equipamentos necessários para a execução de um empreendimento ou serviço, como também o tempo de duração e seus respectivos custos.

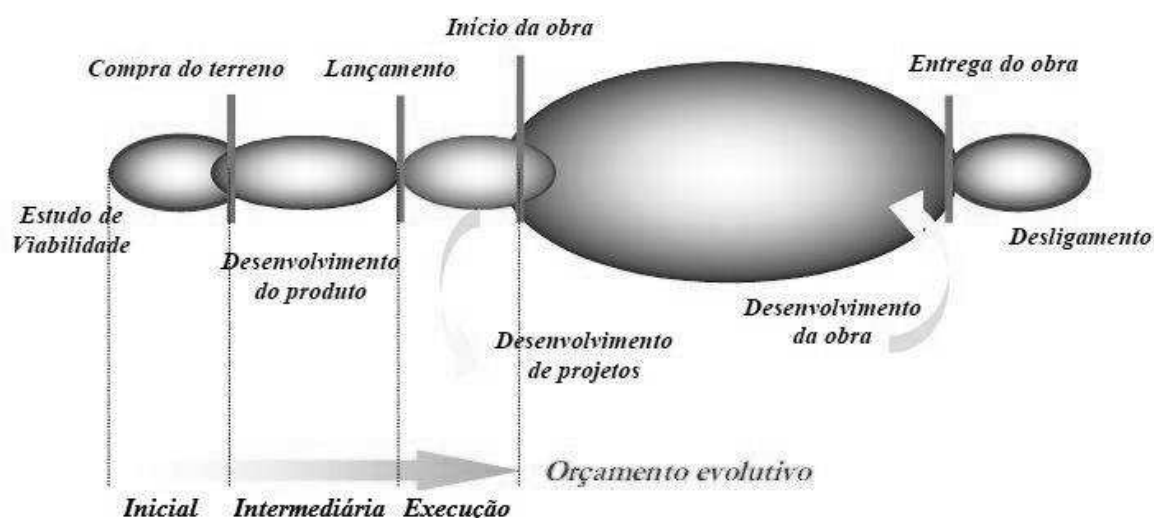
Segundo Losso (1995), é de extrema necessidade, antes mesmo da etapa de elaboração dos projetos detalhados, se conhecer a magnitude do custo de uma obra. É a partir desse custo que são analisadas as possibilidades de um empreendimento ser realizado ou não, atrelando o seu tamanho com o padrão de qualidade dos materiais que farão sua composição.

Admitindo que o orçamento é uma informação essencial quando o assunto é empreender na construção civil, é natural que essa informação tenha de ser gerada nos diferentes estágios da concepção do empreendimento. A começar na fase de viabilidade inicial para a compra do terreno e definição do produto até a identificação dos custos incorrido e custos pós-obra. Estes custos, posteriormente, farão a composição dos dados históricos a serem aplicados também em futuros orçamentos (ASSUMPÇÃO; FUGAZZA, 1999).

Outro fator a ser observado é que no mercado de incorporações é costumeiro comercializar o produto antes mesmo da elaboração dos projetos executivos, dispondo-se somente de anteprojetos ou dos projetos legais (ASSUMPÇÃO; FUGAZZA, 1999).

Deste modo, se faz necessário desenvolver métodos de orçamento que utilizem dados históricos ou índices paramétricos, visto a baixa quantidade de informações disponíveis nesta etapa para fazer uso de metodologias que trabalham com quantitativos e composições unitárias de serviços. (LOSSO, 1995).

Assumpção e Fugazza (1999) traz em seu trabalho o conceito de orçamento evolutivo, onde, à medida que se avança com o empreendimento e com o nível de detalhamento dos projetos, tem-se um aumento na qualidade e quantidade de informações. Desta forma, possibilita-se que se altere o método de orçar, tanto no levantamento dos quantitativos quanto na obtenção dos custos correspondentes. Este conceito é apresentado na Figura 1.



**Figura 1 – Evolução do empreendimento x orçamento**

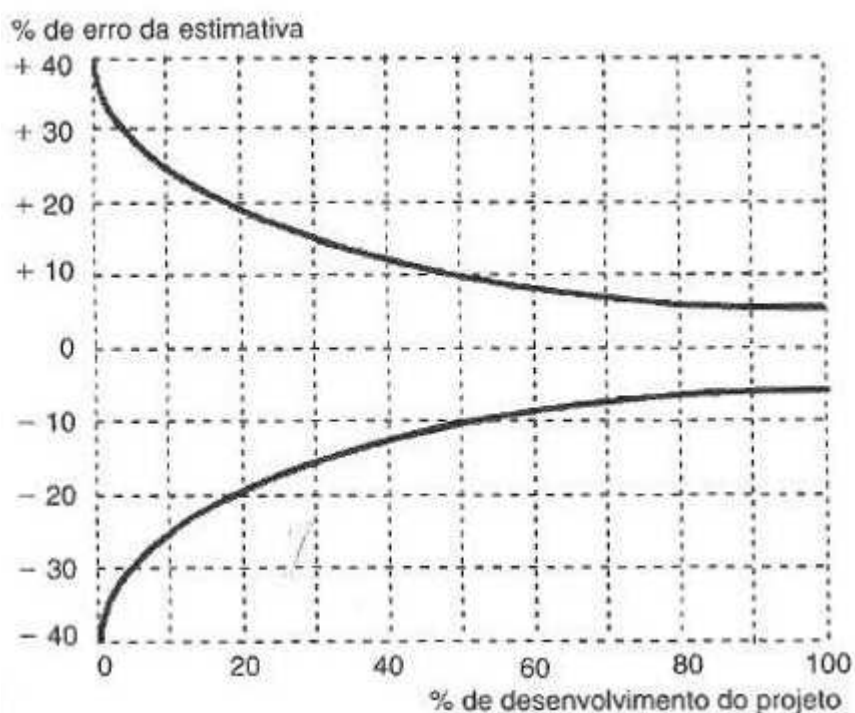
Fonte: Assumpção e Fugazza (1999)

De acordo com a Figura 1, são determinadas três etapas para o orçamento evolutivo:

- Inicial – tanto quantidades como custos dos insumos e serviços são estimados, utilizando-se equações paramétricas;
- Intermediária – também fazendo uso das equações paramétricas, parte dos custos e quantidades permanecem estimados e a outra parte já está acordada (já foram fechados os contratos com os fornecedores);
- Execução – parte dos custos e quantidades são conhecidas (serviços já executados), parte já está acordada (serviços já contratados, porém não executados) e a outra parte a ser estimada. Nesta etapa, onde já se tem os projetos executivos,

pode se utilizar o orçamento detalhado ou analítico, visto a maior quantidade de informações disponíveis.

Considera-se que em cada etapa da obra podem ser associados erros aos valores fornecidos pelos orçamentos em função da evolução do empreendimento. Limmer (2012) apresenta uma relação entre o erro da estimativa com o grau de desenvolvimento do projeto, demonstrando assim, que quanto maior a quantidade de informação disponível, menor é a incerteza do orçamento (Figura 2).



**Figura 2 – Erro da estimativa em função do desenvolvimento do projeto**

**Fonte: Limmer (2012)**

Neste sentido, Limmer (2012) cita que um orçamento de projeto deve satisfazer alguns objetivos essenciais, como:

- Definir o custo de execução de cada serviço;
- Constituir-se como documento contratual, servindo de base para o faturamento da empresa executora da obra, eliminando dúvidas ou omissões relacionadas aos pagamentos;

- Ser um referencial para análise dos rendimentos obtidos dos recursos utilizados na execução do projeto;
- Fornecer, como instrumento de controle de execução do projeto, informações para o desenvolvimento de coeficientes técnicos, a fim de contribuir com a melhoria da capacidade técnica e da competitividade da empresa no mercado.

Neste contexto, é visível a importância do setor de orçamentos para a sobrevivência das empresas no mercado, desde a formação dos custos até seu controle (KERN e FORMOSO, 2002).

Sendo assim, Pinto (1995) cita algumas condições mínimas para a elaboração de melhores orçamentos:

- Conceder a devida importância ao orçamento, analisando primeiramente, o planejamento da obra, tendo em vista, que é um documento básico para a correta gestão de custos;
- Conceder prazo adequado para sua elaboração;
- Contar com profissionais capacitados que tenham experiência de vivência em obra, sensibilidade com números, noção dos valores de projetos e produção e que sejam organizados;
- Dispor de um banco de dados confiável o qual deve estar em constante manutenção e atualização;
- Contar com um sistema informatizado, de modo a agilizar o máximo possível as etapas do processo.

Desta forma, pode-se afirmar que a precisão e qualidade de um orçamento dependem de muitas variáveis, tais como: organização, método correto de orçamentação, quantidade de informações disponíveis e um prazo compatível com a complexidade do projeto a ser orçado (ASSUMPÇÃO e FUGAZZA, 1999)

## 2.2 VARIABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trajano (1988 *apud* Losso, 1995) observa que a falta de dados característicos na fase de anteprojeto é um empecilho primordial na estimativa de custos preliminares.

Levando em conta que o orçamento é feito antes da construção do empreendimento, o ato de orçar uma obra se torna basicamente um exercício de previsão, visto que o mesmo envolve desde a identificação, descrição, quantificação, até a estimativa de valorização que os itens terão até o momento que forem adquiridos. Por este motivo e considerando a grande quantidade de itens utilizados em uma obra, o orçamento deve ser alvo de muito estudo, de forma que não sejam feitas considerações descabidas, ou que ocorram lacunas na composição do mesmo. (MATTOS, 2006).

Losso (1995) alerta que o orçamento deve ser o mais preciso possível, pois o aspecto financeiro é um ponto muito sensível para qualquer empreendedor e, desta forma, se necessita de um determinado grau de precisão.

Segundo Mattos (2006), um orçamento de má eficácia pode acarretar não somente em frustrações de custos ou prazos, mas também em um grande prejuízo para a empresa, no caso de se errar para menos, como geralmente ocorre. Da mesma forma, errar para mais também não é bom. Em casos de empresas que participam de processos licitatórios, tanto públicos como privados, o orçamento deve ser preciso, de tal forma que se garanta uma margem de lucros desejada, porém que não seja demasiado alto, de modo que a empresa não consiga sair vitoriosa na disputa pelo contrato.

Mesmo cientes da necessidade de se obter uma boa precisão na estimativa dos custos do empreendimento, grande parte das empresas e profissionais do ramo, não empenham o tratamento necessário na hora de orçá-las, fazendo-as de forma grosseira. Utilizam, por muitas vezes, de índices de mão de obra e consumo de materiais oriundos de tabelas de composição de custos, que nem sempre representam os índices reais praticados pela empresa. Por esta razão, surgem consideráveis diferenças entre o valor estimado e o real incorrido em obra (HIROTA, 1987).



Limmer (2012) classifica os custos para execução de um empreendimento de duas formas:

- Custo direto – Representado pelos gastos com insumos, tais como, mão de obra, materiais e equipamentos,
- Custo indireto – Representado por todos os gastos com elementos coadjuvantes, utilizados na concepção do produto e por gastos de difícil alocação a determinação do serviço, ou atividade, sendo assim, diluídos por grupos de atividade ou por todo o projeto.

Habitualmente, ainda se classifica os custos como variáveis e fixos. Os custos fixos são aqueles que não variam em relação a uma determinada quantidade de produção e os custos variáveis são aqueles que variam proporcionalmente à quantidade ou dimensão dos produtos produzidos (BAZANELLI, 2003).

Com base nessas considerações pode ser elaborada uma matriz de custos, conforme apresentado por Trajano (1986 *apud* LIMMER, 2012).

Custos	Fixos	Variáveis
Diretos	-	Materiais incorporados ao produto.  Mão de obra e encargos sociais dos operários envolvidos diretamente na execução do projeto.
Indiretos	Materiais da administração empresarial e do projeto. Pessoal da administração empresarial. Mão de obra do projeto, tanto de administração como de manutenção  Depreciação do equipamento de construção usado no projeto.	Materiais consumidos na manutenção do projeto, mas que não podem ou não convém ser apropriados diretamente.  Mão de obra do pessoal de serviços auxiliares do projeto, como, por exemplo, o de transporte interno.

**Quadro 1 – Matriz de custos**

Fonte: Trajano *apud* Limmer (2012)

Segundo Losso (1995), a imprecisão dos orçamentos está ligada a quatro fatores principais, sendo eles:

- Variação de aspectos geométricos e tecnológicos;
- Variação na produtividade da mão de obra;
- Variação no consumo de materiais;
- Variação nos preços dos insumos.

Nos subitens a seguir são exemplificadas essas variações e apresentados os fatores que influenciam nas mesmas.

### 2.2.1 Variação de aspectos geométricos e tecnológicos

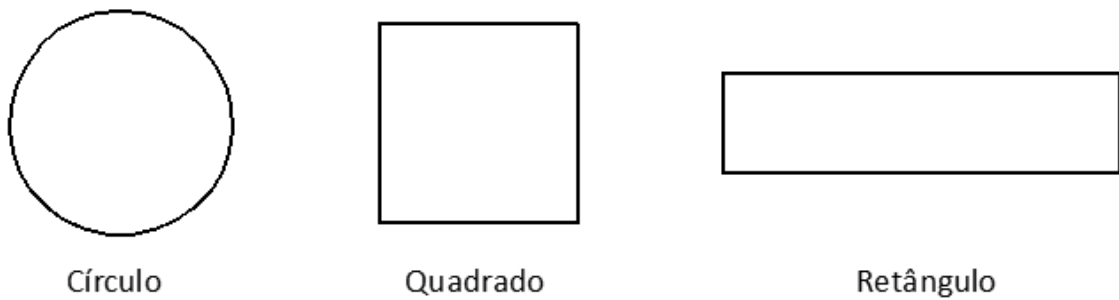
De acordo com Parisotto (2003), a forma arquitetônica do empreendimento deve conciliar alguns aspectos, tais como a funcionalidade, estética, conforto ambiental, técnicas construtivas e durabilidade. Tal conciliação deve ser feita de maneira que se consiga o melhor equilíbrio dos benefícios extraídos de cada um, a fim de promover o menor custo possível.

Portanto, para cumprir com essas determinações e extrair o máximo de cada aspecto, os empreendimentos variam suas geometrias, e desta maneira nos surgem diferentes configurações para obras de uma mesma finalidade e dimensão física (PARISOTTO, 2003).

Segundo Losso (1995), uma edificação de mesma área, porém configurada de diferentes formas, pode necessitar de diferentes quantidades de materiais.

O autor ainda analisa esse fato com um compartimento de 4,0 m<sup>2</sup>, para diferentes formas, como apresentadas na Figura 3.

- Circular – terá um raio de 1,13 m e perímetro de 7,10 m
- Quadrada – terá lados de 2,0 m e perímetro de 8,0 m
- Retangular – terá lados de 1,0 m de 4,0 m e perímetro de 10,0 m

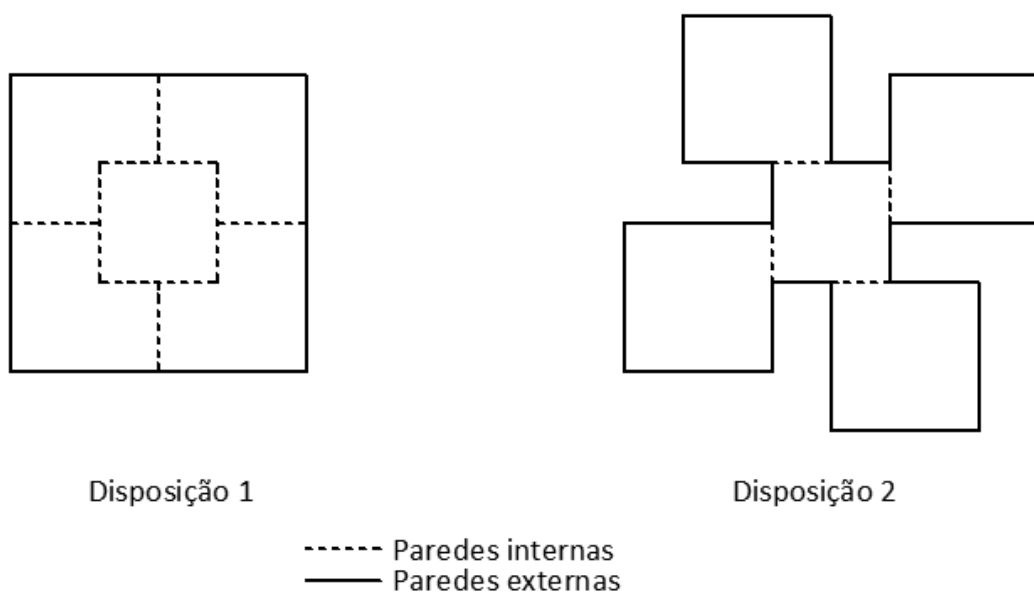


**Figura 3 – Formas geométricas**

**Fonte: Losso (1995)**

Ainda que sejam empregados os mesmos materiais na execução dos compartimentos da Figura 3, o consumo não será o mesmo. Isso porque seus perímetros são diferentes, a produtividade de construção de paredes curvas são diferentes das retas e também provavelmente aberturas e instalações seriam distintas (LOSSO, 1995).

Seguindo esse raciocínio, o autor ressalta que a distribuição dos compartimentos é outro fator que influencia nos custos de construção. Assim, redefinindo a disposição de uma figura, pode-se obter outra, como ocorre no exemplo apresentado na Figura 4, que apresentará um consumo de materiais maior.



**Figura 4 – Distribuição dos compartimentos**

**Fonte: Losso (1995)**

O aumento do consumo de materiais, muitas vezes, não está relacionado proporcionalmente com o aumento da área construída, sendo os aspectos geométricos extremamente influenciadores nesta variação (PARISOTTO, 2003).

### 2.2.2 Variação na produtividade da mão de obra

Partindo da quantidade de serviços estipulados na caracterização do empreendimento, são identificados os recursos necessários para a execução dos mesmos. Assim, a quantidade dos materiais e mão de obra são calculados através de composições ligadas a unidade de produção de cada serviço, fazendo-se uso de valores médios esperados para estas quantidades. Porém, o ambiente real do empreendimento estabelece condições que determinam variações sobre estes valores no que se refere as quantidades de recursos que são utilizados (OTERO, 2000).

De modo geral cada projeto de construção é único e constituído em diferentes canteiros, com diferentes equipes de trabalho, atrelados a diferentes atividades. Alguns elementos afetam as taxas de produtividades e, embora existam providências que possam prevenir ou reduzir a variação da produtividade, determinados fatores não podem ser eliminados, tais como o grau de complexidade do serviço. Em contrapartida, existem também, os que podem ser melhorados, como a motivação dos operários, e é de grande interesse que estes sejam feitos, garantindo uma melhor eficácia no orçamento (CHRISTIAN; HACHEY, 1995).

Machado (1997) menciona que a variabilidade referente a produtividade da mão de obra é inerente ao processo produtivo da construção. Atividades semelhantes podem ser mais fáceis ou mais difíceis de serem executadas, em função de características particulares do projeto. Até mesmo tarefas exatamente iguais podem variar, devido a diversos fatores, como a habilidade do operário ou devido as condições climáticas.

De acordo com Heineck (1991), os diversos fatores que influenciam na produtividade da mão de obra são: as condições climáticas, a continuidade das tarefas, a concentração de serviços, as mudanças de programação, o tamanho e características da obra, a motivação dos operários, as relações de grupo, o grau de

complexidade e dificuldade do serviço, o absenteísmo e rotatividade do pessoal, a disponibilidade de equipamentos e materiais, a habilidade e experiência da equipe, a distribuição e complexidade do canteiro, as mudanças em relação ao projeto, a utilização de horas extras e as relações de grupos.

### 2.2.3 Variação do consumo de materiais

Para Losso (1995), o setor da construção civil é reconhecido por fazer uso de intensivo de mão de obra. Todavia, na maioria dos casos, o responsável pela maior parcela do custo total da obra é o consumo de materiais.

As quantidades de materiais utilizados na construção de uma obra são fundamentadas nos quantitativos de serviços previstos. Essas quantidades apresentam uma variação, em função de vários fatores, de origem interna ou não ao canteiro. Estes fatores geralmente trabalham independentemente entre si, e o processo de tais e a intensidade de suas influências variam de canteiro para canteiro (OTERO, 2000).

Os fatores que causam essa variação no consumo dos materiais são: qualidade do gerenciamento da obra quanto ao planejamento e aquisição dos materiais, condições de transporte interno e estocagem de materiais, qualidade dos materiais, mecanismos de comunicação e supervisão de execução de serviços, nível de qualificação de mão de obra empregada e mudanças de projetos (SKOYLES; SKOYLES, 1987 *apud* OTERO, 2000).

A variabilidade do consumo de materiais está também intimamente relacionada à perda de matérias. Grande quantidade de materiais entregues no canteiro, não é empregada nos fins que motivaram sua aquisição e, devido a isso, ocorre um gasto de material superior ao que foi estimado. Essa quantidade de material que excede a estimada é definida como perda (SOIBELMAN, 1993).

#### 2.2.4 Variação nos preços de insumos

O custo final da obra é definido pelo produto das quantidades de recursos utilizados para sua execução. O levantamento dos preços dos insumos geralmente é definido por procedimentos mecânicos. Porém, também requer experiência e julgamento do orçamentista. Sendo assim, esse serviço de estimar os preços gera elementos de riscos na estimativa que, conseqüentemente, podem ocasionar as diferenças entre o custo estimado e o real (OTERO, 2000).

De acordo com Solano (2003) e Mattos (2006), a variação dos preços dos insumos está ligada a dois aspectos distintos. O primeiro é a flutuação natural destes. Esta flutuação pode ter como causas:

- Ciclos de oferta e demanda;
- Condições de competição de mercado;
- Situação econômica global;
- Medidas governamentais.

De acordo com Conto *et al* (1985 *apud* Hirota, 1987), o segundo aspecto associa-se a credibilidade da empresa e a eficiência de planejamento e aquisição dos materiais. São fatores que influenciam a variação dos preços dos insumos:

- Quantidade adquirida;
- Poder de barganha;
- Sazonalidade do volume de compra na própria empresa;
- Credibilidade da construtora.

Solano (2003) destaca que o processo de construção, desde a fase de estudo e viabilidade até a conclusão de sua execução, se estende por longos períodos, assim sendo, o empreendimento fica suscetível a riscos de variações de preços dos insumos.

### 2.3 TIPOS DE ORÇAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Mattos (2006) os orçamentos podem ser divididos em:

- Estimativa de custo;
- Orçamento preliminar;
- Orçamento analítico ou detalhado.

Alguns métodos são mais complexos, fundamentados em características geométricas definitivas, como é o caso de orçamento analítico, enquanto outros baseiam-se em características mais simples e oferecem uma maior velocidade no processamento dos resultados, embora com um nível de precisão menor (OTERO, 2000).

Da mesma forma, o orçamento analítico é mais preciso, ou seja, aproxima-se mais do valor real, porém nenhuma estimativa consegue, nem tem como objetivo, alcançar o valor exato. Isto porque existe uma série de variações incontáveis interagindo com o ambiente da construção, fazendo com que esta exatidão, em termos de previsão de custos, não seja alcançada por nenhum método. Alguns fatores responsáveis por tais variações são as condições climáticas, variações econômicas e políticas, variações na produtividade da mão de obra e disponibilidade de materiais e equipamentos (PARISOTTO, 2003).

De acordo com Otero (2000), o orçamento discriminado, em determinadas situações, se torna uma ferramenta inviável, devido à falta de informações referentes ao formato da edificação, fundamental para o uso desta metodologia, e também por demandar grandes quantidades de recursos. Além disso, a inviabilidade do uso deste método fica reforçada nos casos onde o nível de precisão solicitado não é tão importante, como em um estudo de viabilidade. Por isso em alguns casos é necessário a utilização de ferramentas rápidas para determinação de custos, como o uso de equações paramétricas, que se propõem a fornecer estimativas com um nível de erro aceitável, apoiando a tomada de decisões iniciais.

### 2.3.1 Estimativa de custo

Segundo Mattos (2006) esta é uma avaliação baseada nos custos históricos e na comparação com projetos semelhantes, de onde são definidos indicadores genéricos e números consagrados. Costuma ser usado na etapa de estudo de

viabilidade do empreendimento e com ela é possível se ter uma noção da grandeza do custo do empreendimento.

Para fazer uso deste indicador são utilizadas fontes atualizadas do custo do metro quadrado, tais como:

- Custo Unitário Básico (CUB);
- Custos Unitários PINI de Edificações (CUPE)
- Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

Como no estudo de viabilidade normalmente não se dispõe de grande quantidade de informações técnicas sobre o empreendimento, este tipo de orçamento relaciona a área de construção com o custo do metro quadrado construído (MATTOS, 2006).

#### 2.3.1.1 Custo Unitário Básico (CUB)

Por meio do CUB pode-se calcular o custo global de uma obra, a partir das áreas equivalentes em área de custo padrão e das similaridades do empreendimento com um projeto padrão (KATO, 2013).

Segundo informações do Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON, 2007), o CUB se originou por meio da Lei Federal nº 4591, de 16 de dezembro de 1964. Seu objetivo é disciplinar o mercado imobiliário, proporcionando critérios para a determinação dos custos dos imóveis.

De acordo com a NBR 12721 (ABNT, 2007), o cálculo do custo global através do CUB se dá pela seguinte forma:

- Escolha do projeto padrão que mais se assemelha ao do empreendimento;
- Verificação do CUB junto ao Sinduscon respectivo do estado em que será construído o empreendimento;
- Multiplicação do CUB com a soma das áreas equivalentes à área do custo padrão.



A NBR 12721 (ABNT, 2007) caracteriza os projetos padrão de edifícios multifamiliares de acordo com o número de pavimentos, quartos por unidades e qualidade dos acabamentos. É de responsabilidade do Sinduscon de cada região, o cálculo do CUB, e sua divulgação até o dia 5 do mês subsequente (CONTANHEDE, 2003).

Losso (1995) apresenta uma vantagem de se utilizar este método, que é o fato dele relacionar o custo do metro quadrado com a área de construção, ou seja, ele relaciona o custo com uma variável geométrica que o cliente confere maior importância no momento das decisões de construção do empreendimento.

O autor, porém, afirma que a própria NBR 12721 (ABNT, 2007) apresenta problemas em relação a sua metodologia, os quais incorrem no erro do valor estimado. Pode-se citar o fato de não se considerar as variações geométricas da edificação; o conceito de áreas equivalentes não ser bem definido, resultando em aspectos subjetivos no seu cálculo.

#### 2.3.1.2 Custos Unitários PINI de Edificações (CUPE)

Seguindo a mesma ideia do CUB, o CUPE é uma metodologia de cálculo de custo por metro quadrado desenvolvido pela PINI. Seu valor diferencia-se minimamente do CUB, devido ao fato de ter sido concebido através de um projeto padrão diferente, servindo assim como uma referência paralela ao CUB. Fica a critério do orçamentista analisar qual dos dois índices representa melhor sua obra, de modo a garantir maior precisão na estimativa (MATTOS, 2006).

### 2.3.1.3 Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

O SINAPI é indicado pelo Decreto 7983:2003 como fonte da referência do custo global de serviços e obras de engenharia contratados e executados com recursos provenientes da União.

A formação e manutenção do seu valor é incumbência compartilhada entre a CEF (Caixa Econômica Federal) e o IBGE (Instituto Brasileiro de Índices e Estatísticas). A CEF atua nas definições técnicas (especificações de insumos, composições de serviços e orçamentos de referência) e processamento de dados. Já o IBGE é responsável pela pesquisa mensal de preço, tratamento de dados e formação dos índices (BRASIL, 2013).

A coleta dos preços pelo IBGE é feita nas 27 capitais e os relatórios das composições dos serviços, assim como o custo por metro quadrado de diferentes projetos, separados de acordo com suas características geométricas, padrões e áreas construídas, são divulgados no site da CEF (BRASIL, 2016).

### 2.3.2 Orçamento preliminar

O orçamento preliminar é mais detalhado que a estimativa de custos, devido ao fato de se trabalhar com uma quantidade maior de indicadores o que se traduz em um melhoramento da estimativa inicial, possuindo um grau de incerteza menor que a estimativa de custos (MATTOS, 2006).

De acordo com o autor, no orçamento preliminar se trabalha com pacotes de serviços e insumos menores, possibilitando uma maior facilidade no processo orçamentário e na análise de sensibilidade de preços.

É neste tipo de orçamento que fazem parte as equações paramétricas de orçamento as quais serão abordadas no item 2.4.

### 2.3.3 Orçamento detalhado ou analítico

O orçamento detalhado ou analítico é o mais preciso e detalhado para se prever o custo da obra. Neste processo orçamentário, além do custo dos serviços (custos diretos), são considerados também os custos de manutenção do canteiro de obras, equipe técnica, administrativa e de suporte ao empreendimento, taxas, dentre outros (custos indiretos), resultando em um valor preciso (MATTOS, 2006).

Neste orçamento, os custos são resultado da discriminação dos serviços e insumos necessários para a concepção do empreendimento, juntamente com as quantidades necessárias e respectivas unidades de medida. A partir disso, são levantados os custos unitários, sendo cada serviço subdividido em insumos, nos quais se aplicam índices de produtividade padrão (BAZANELLI; DEMARZO; CONTE, 2003).

Cabe destacar, que para a obtenção do orçamento detalhado, deve-se possuir todo o quantitativo dos subsídios necessários, relativos a concepção do empreendimento, no que se remete ao conjunto de todos os projetos (arquitetônico, estrutural e instalações), possuir as especificações correspondentes à obra, prazo de execução e conhecer as disponibilidades dos recursos, tais como pessoal, equipamentos e ferramentas (OTERO, 2000).

## 2.4 ORÇAMENTOS PARAMÉTRICOS

Segundo Gonzalez (2008), por muitas vezes, durante o desenvolvimento do orçamento, é preciso estimar custos de serviço em que ainda não se tem os projetos específicos, como por exemplo, os projetos elétricos, hidráulicos ou estruturais. Assim, os valores correspondentes são estimados utilizando os percentuais que estas parcelas em geral atingem em obras similares.

Neste sentido, surgem os indicadores paramétricos, que se originam da aplicação do método de estimativas paramétricas de custo, o qual é definido como um método que se utiliza de relações sob a forma de algoritmos matemáticos ou lógicos, a fim de se obter uma estimativa de custos. Estas relações, chamadas de relações

paramétricas de custo, no entanto, podem oscilar desde simples regras informais ou analógicas básicas, até funções matemáticas complexas decorrentes de análise de estimativa de dados (OTERO, 2000).

Kurtz (2003) afirma que os índices paramétricos podem ser vistos como uma ferramenta gerencial de grande importância no processo de concepção do empreendimento, visto que o emprego deles concebe uma ordem de grandeza para o valor de determinado serviço, o qual, numerosas vezes pode ser oneroso para ser dado pelo método tradicional. Desta forma, é possível obter maior rapidez nas tomadas de decisões, sem comprometer o ritmo da obra.

As relações paramétricas determinam uma ligação entre alguma característica técnica do empreendimento e um determinado custo. É necessário, porém, que esta característica técnica, intitulada direcionador de custo, defina com clareza o produto em análise, e também que mantenha uma boa correlação com o custo a ser levantado (PARISOTTO, 2003).

Segundo Kurtz (2003) é comum a utilização de estimativas de custo na construção civil, e o parâmetro técnico mais utilizado na estimativa de custo global é a área de construção. Dessa maneira, os modelos paramétricos apresentam uma forma bastante simples. Todavia, pode-se elaborar um modelo paramétrico mais complexo, que relacione dois ou mais direcionadores de custo, formando uma estimativa de custos mais precisa.

De acordo com Otero (2000), por meio da fragmentação do custo total em menores partes, juntamente com o uso de direcionadores de custo específicos para cada uma delas, é possível se obter uma atenuação do erro do orçamento. Assim sendo, o ideal é a definição de uma série de relações paramétricas voltadas para distintas parcelas do custo, constituindo dessa forma uma estrutura designada modelo paramétrico de custo.

Buscando trabalhos que fazem o uso de relações paramétricas pode ser destacado o trabalho de Losso (1995), que obteve índices médios para análise de custos de empreendimentos na fase de anteprojeto.

Posteriormente, Machado (1997) analisou a precisão dos modelos paramétricos nas estimativas de custo na construção de edifícios. Seguindo historicamente, pode ser destacado o trabalho desenvolvido por Otero (2000), que

analisa a precisão de modelos paramétricos as estimativas de custo na construção de edifícios.

Em seguida tem-se o trabalho de Parisotto (2003), que faz uso das equações paramétricas para formular modelos de quantificação de serviços e consumo de mão de obra. No mesmo ano, Kurtz (2003) utiliza os índices para quantificação de serviços relativos a pintura externa.

Com o objetivo de determinar indicadores para vários serviços, Valle (2006) realiza uma pesquisa onde efetua análises para identificar os melhores indicadores dentre a relação apresentada.

Na área de projetos hidrossanitários pode ser destacado o trabalho de Colpani (2008), que apresenta indicadores para a quantificação dos itens destes projetos.

Mais recentemente, Bressiani, Heineck e Roman (2009), fazem uso das relações paramétricas com objetivo de comparar seus resultados com um banco de dados já existentes, com o objetivo de avaliar a precisão e eficiência das equações paramétricas para determinados tipos de serviço. Da mesma forma, Rosa (2009) realiza um estudo para identificação de indicadores paramétricos estimativa de custos de projetos estruturais de residências.

Fazendo uma análise na literatura, é possível constatar outros trabalhos desenvolvidos na área de determinação de indicadores.

A Tabela 1 apresenta os índices e equações para o levantamento de quantitativos de projetos arquitetônicos, obtidos em trabalhos desenvolvidos por Otero (2000), Oliveira (1990), Hirota (1987) e Solano (2003). Esses trabalhos são considerados os pioneiros nesta área de indicadores para estimativas preliminares de custo.

Tabela 1 – Estudo do pavimento (paredes e pisos)

Indicadores	Otero (2000)	Oliveira (1990)	Hirota (1987)	Solano (2003)
Paredes externas / área pavimento tipo	-	$Y=47,95+0,15 \times \text{APT}$	0,329m/ m <sup>2</sup>	0,30m/ m <sup>2</sup>
Paredes internas / área pavimento tipo	-	$Y=-35,14+0,61 \times \text{APT}$	0,461m/ m <sup>2</sup>	0,47m/ m <sup>2</sup>
Marcação para alvenaria/ área pavimento tipo	$Y=-1005+5,9422 \times \text{APT}$	-	-	0,78m/m <sup>2</sup>
Quantidade de alvenaria / área pavimento tipo	$Y=-1.138+12,614 \times \text{APT}$	-	-	2,12m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Área pintura interna/ área pavimento tipo	$Y=-59,05+12,438 \times \text{APT}$	-	-	-
Área pintura em fachada/ área pavimento tipo	$Y=872,77+1,1799 \times \text{APT}$	-	-	-
Área parede com cerâmica/ área pavimento tipo	$Y=-1.549+6,2313 \times \text{APT}$	-	-	-
Área piso com cerâmica/ área pavimento tipo	$Y=272,72+2,6246 \times \text{APT}$	$Y=-10,58+0,24 \times \text{APT}$	-	-
Área cerâmica do apartamento / área apartamento	-	-	-	0,33m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Quantidade emboço interno/ área pavimento tipo	$Y=-1.498+18,6156 \times \text{APT}$	-	-	-
Quantidade emboço externo/ área pavimento tipo	$Y=-1.515+3,1061 \times \text{APT}$	-	-	-
Quantidade cerâmica fachada/ área pavimento tipo	$Y=1.153+1,6114 \times \text{APT}$	-	-	-
Quantidade forro de gesso/ área pavimento tipo	$Y=265,89+1,7907 \times \text{APT}$	-	-	-
Quantidade rodapé/ área pavimento tipo	$Y=788,06+3,8106 \times \text{APT}$	-	-	-
Quantidade contrapiso/ área pavimento tipo	$Y=-313,3+7,3680 \times \text{APT}$	-	-	-
Quantidade piso em madeira/ área pavimento tipo	$Y=-354,9+1,8533 \times \text{APT}$	-	-	-
Quantidade carpete/ área pavimento tipo	$Y=387,36+1,4048 \times \text{APT}$	-	-	-
Quantidade ardósia em piso/ área pavimento tipo	$Y=118,29+0,26094 \times \text{APT}$	-	-	-
Área de esquadrias / área de paredes	-	-	-	0,16m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Área esquadrias / perímetro paredes	-	-	-	0,44m <sup>2</sup> /m
% de aberturas na envoltória	-	-	17,53%	-
Número portas/ área pavimento tipo	$Y=-73,81+0,63877 \times \text{APT}$	-	-	0,09portas/m <sup>2</sup>
Quantidade de janela de alumínio	$Y=-2.307+4,9461 \times \text{APT}$	-	-	-
Quantidade de porta de alumínio	$Y=-3.017+5,7790 \times \text{APT}$	-	-	-
Quantidade de vidro	$Y=-935,4+1,9038 \times \text{APT}$	-	-	-

Fonte: Autoria própria

**NOTAS:**

APT = área do pavimento tipo.

Com relação as áreas funcionais, são apresentados os indicadores da Tabela 2 com seus respectivos autores.

**Tabela 2 – Áreas Funcionais**

Indicadores	Oliveira (1990)	Hirota (1987)	Solano (2003)
Índice de compactidade (IC)	66,30	68,353	69,70
Área circ. horizontal-vertical/pavimento tipo	-	8,00 m <sup>2</sup>	-
Circulação horizontal/ pavimento tipo	11,72% do APT	4,55m <sup>2</sup>	9,43% APT
Área sacadas/ área do pavimento tipo	24,02m <sup>2</sup>	-	14,23% APT
Número banheiros/ área pavimento tipo	-	-	-
Área útil / área pavimento tipo	$Y=-16,58+0,83x$	-	0,86m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Área sala / área útil unidade	$Y=5,50+0,20X$	-	-
Perímetro sala / área sala	$Y=9,72+0,444X$	-	-
Área cozinha / área útil unidade	$Y=2,81+0,07X$	-	-
Perímetro cozinha / área cozinha	$Y=5,54+0,81X$	-	-
Área BWC Social / área útil unidade	$Y=2,22+0,02X$	-	-
Perímetro BWC Social / área BWC Social	$Y=-2,31+0,73X$	-	-
Área lavanderia / área útil unidade	$Y=0,09+0,05X$	-	-
Perímetro lavanderia / área lavanderia	$Y=3,52+1,21X$	-	-
Área dormitórios / área útil unidade	$Y=2,58+0,32X$	-	-
Perímetro dormitório / área dormitório	$Y=2,02+1,06X$	-	-
Área BWC Empregada / área útil unidade	$Y=1,13+0,01X$	-	-
Perímetro BWC Serviço/ área BWC Serviço	$Y=2,84+1,44X$	-	-
Área dorm. Empregada / área útil unidade	$Y=4,04+0,01X$	-	-
Perímetro dorm. serviço/área dorm. serviço	$Y=5,37+0,078X$	-	-
Perímetro circulação/ área circulação	$Y=2,20+1,81X$	-	-
Área circulação/ área útil unidade	$Y=0,49+0,03X$	-	-
IC Sala	84,93	-	-
IC Dormitório	84,61	-	-
IC lavanderia	85,56	-	-
IC BWC Social	84,08	-	-
IC cozinha	83,50	-	-
IC dormitório empregada	86,22	-	-
IC BWC Serviço	87,48	-	-

Fonte: Autoria própria

Na área de instalações e estrutura, são constatados os indicadores apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Instalações e estrutura**

Indicadores	Otero (2000)	Solano (2003)
Nº pontos água fria / área real total	$Y=-314,4+0,10441xART$	0,08pontos/m <sup>2</sup>
Nº pontos água fria / nº banheiros	$Y=-71,59+5,1687xNB$	-
Comprimento tubulação água fria / área real total	$Y=-737,4+0,36333xART$	0,49m/m <sup>2</sup>
Comprimento tubulação água fria / nº banheiros	$Y=9,0631+5,1030xNB$	-
Nº pontos esgoto / área real total	$Y=-227,2+0,10281xART$	0,05pontos/m <sup>2</sup>
Nº pontos esgoto / nº banheiros	$Y=9,0631+5,1030xNB$	-
Nº pontos água pluvial / área pavimento tipo	$Y=7,2272+0,11706xATP$	-
Nº pontos água pluvial / nº banheiros	$Y=36,366+0,52471xNB$	-
Comprimento tubulação sanitária / área real total	$Y=397,50+0,49762xART$	-
Comprimento tubulação sanitária / nº banheiros	$Y=931,23+26,340xNB$	-
Nº pontos elétricos / área real total	$Y=-756,8+0,36124xART$	0,36pontos/m <sup>2</sup>
Comprimento fiação elétrica / área real total	$Y=4.949,2+4,5028xART$	5,35m/m <sup>2</sup>
Nº pontos telefônicos / área real total	$Y=-68,32+0,03275xART$	-
Comprimento fiação telefônica / área real total	$Y=1.292,9+0,05972xART$	-
Peso aço / área real total	$Y=14,883+0,01101xART$	14,30kg/m <sup>2</sup>
Área fôrmas/ área real total	$Y=-1831+1,9620xART$	1,73m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
Volume concreto / área real total	$Y=72,289+0,14333xART$	0,17m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>

**Fonte: Autoria própria**

É possível perceber que a maior parte dos trabalhos esteve voltada para o estudo de indicadores do projeto arquitetônico. Poucas pesquisas tiveram como enfoque a elaboração de estimativas preliminares de custos para projetos elétricos, que constitui o enfoque desta pesquisa.

De acordo com Mascaró (1985) as instalações elétricas representam em torno de 5,45 % do custo global do empreendimento. Gonzalez (2008) por sua vez, apresenta em seu trabalho o valor de 5,20 %.

Andrade (1996) relacionou em seu trabalho o comprimento dos eletrodutos com o número de pontos elétricos encontrando um valor de 4,29 m/ponto para casas de classe média entre 103m<sup>2</sup> e 405 m<sup>2</sup>. Já o consumo de eletrodutos ficou em 2,17



m/m<sup>2</sup>. Devido a esta carência de estudos na área, o próximo capítulo apresenta a metodologia a ser utilizada para desenvolvimento da pesquisa voltada para a determinação de indicadores para elaboração de estimativas preliminares de custo para instalações elétricos.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo é apresentada a metodologia da pesquisa, ou seja, como foi feita a coleta, processamento e análise dos dados levantados.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Quanto à finalidade da pesquisa, a mesma pode ser classificada como do tipo quantitativa. Isso porque leva em consideração e explana números e informações a fim de classificá-los, através do uso de métodos estatísticos. No caso específico deste trabalho foram utilizados métodos estatísticos como as regressões lineares e médias aritméticas (GIL, 1996).

Ainda de acordo com Gil (1996), quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser classificada como do tipo documental, pois para obtenção dos resultados foram utilizados documentos considerados autênticos. Esses documentos constituem-se em projetos elétricos devidamente aprovados em órgãos competentes.

#### 3.2 DESCRIÇÃO DA AMOSTRA

A amostra compreende 50 projetos elétricos de residências unifamiliares de um pavimento, com áreas variando entre 96,37 m<sup>2</sup> e 213,75 m<sup>2</sup>. Os projetos analisados são de diferentes projetistas, tanto com relação aos projetos arquitetônicos, como com relação aos projetos elétricos.

As plantas baixas dos projetos se encontram no Apêndice D.

### 3.3 COLETA DE DADOS

A primeira etapa para a coleta de dados foi a identificação dos índices para realização de estimativas preliminares de custos para projetos elétricos. Estes índices estão apresentados no Quadro 2.

<b>Indicadores</b>	<b>Unidade</b>
Número de pontos elétricos por área construída	Ponto/m <sup>2</sup>
Comprimento dos fios elétricos por área construída	m/m <sup>2</sup>
Comprimento dos eletrodutos por área construída	m/m <sup>2</sup>
Comprimento dos fios elétricos por número de pontos elétricos	m/Ponto
Comprimento dos eletrodutos por número de pontos elétricos	m/Ponto
Número de interruptores por área construída	Ponto/m <sup>2</sup>
Número de tomadas por área construída	Ponto/m <sup>2</sup>
Número de luminárias por área construída	Ponto/m <sup>2</sup>

**Quadro 2 – Índices paramétricos a serem gerados**

Os dados foram levantados diretamente dos projetos elétricos.

No Quadro 3 é descrita a forma como foram levantados os dados para geração dos índices do Quadro 2.

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>
Área construída	Área da edificação, obtida no projeto arquitetônico
Número de pontos elétricos	Número de pontos elétricos a serem utilizados, tais como tomadas, interruptores e luminárias
Comprimento dos fios elétricos	Somatório de todos os comprimentos de fios, medidos na horizontal e vertical, desde o quadro geral até os pontos a serem utilizados
Comprimento dos eletrodutos	Somatório de todos os comprimentos de eletrodutos, medidos na horizontal e vertical

**Quadro 3 – Descrição dos itens a serem levantados**

Todos os projetos analisados continham pé direito igual a 3 m. A altura dos pontos elétricos baixos foi de 0,30 m em todos os projetos, dos médios de 1,20 m ou 1,10 m e altos de 2,10 m ou 2,20 m. Para análise, foi considerado todos os fios como de uma única bitola.

### 3.4 ANÁLISE DE DADOS

Os valores obtidos foram relacionados a área construída ou ao número de pontos elétricos, como demonstrado no Quadro 2. Para isto, os dados foram submetidos a análise de regressão linear.

Análises de regressão linear têm por objetivo descrever através de um modelo paramétrico, a relação entre duas variáveis, partindo de “n” observações da mesma. A variável sobre a qual se deseja fazer a estimativa é chamada de variável dependente

(no caso a letra y) e a outra é chamada de variável independente (no caso a letra x) (CRESPO, 2002).

A função de regressão linear é apresentada na Equação (1).

$$y = ax + b \quad (1)$$

Onde, a e b, são os parâmetros.

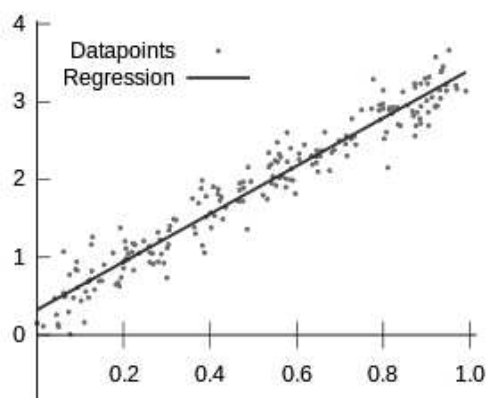
Esses parâmetros são calculados pelas Equações (2) e (3):

$$a = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum(xy) \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (2)$$

$$b = \frac{\sum y}{n} - a \frac{\sum x}{n} \quad (3)$$

No presente trabalho, a análise das regressões foi realizada com o auxílio de planilhas eletrônicas.

De acordo com Downing e Clark (2005), a regressão linear tenta aproximar por uma linha reta um determinado padrão. Pode ocorrer, de não se conseguir deixar todos os pontos sob a reta. Portanto, deve-se traçar uma reta que passe perto da maioria deles, como exemplificado na Figura 5.



**Figura 5 – Exemplo de gráfico de regressão linear**

**Fonte: Downing & Clark (2005)**

As distâncias entre os pontos e a reta de regressão, representam a imprecisão da equação, a qual é medida pelo coeficiente de determinação  $R^2$ .

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ), pode ser interpretado como a proporção da variação de  $y$  e seu valor varia de 0 até 1. Um coeficiente de determinação com valor superior a 0,8 se traduz em um índice de boa confiabilidade, se tratando do ajuste da equação de regressão. Em geral, quanto maior o  $R^2$ , mais precisa é a equação de regressão (SOCIEDADE INTERNACIONAL DE ANALISTAS PARAMÉTRICOS, 1995).

Para obter uma melhor interpretação dos resultados obtidos foi analisado também o desvio padrão e o coeficiente de variação da amostra.

Segundo Otero (2000) o desvio padrão se apresenta como um indicador da dispersão de uma variável em torno de sua média, sendo a média dos erros absolutos para cada dado da amostra em função de seus graus de liberdade. O desvio padrão é definido pela Equação (4).

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (4)$$

Onde  $X$  representa o valor de cada dado da amostra relacionada à variável,  $\bar{X}$  o valor médio da variável para aquela amostra e  $n$  o número de dados na amostra.

Crespo (2002) afirma que o desvio padrão por si só não diz muita coisa. Para contornar as limitações deste indicador, o autor aconselha classificar a dispersão ou variabilidade dos dados em termos relativos a seu valor médio, cuja medida é denominada coeficiente de variação.

Para uma amostra apresentar um valor aceitável de média, seu coeficiente de variação não pode ser grande. Em geral, sempre que o valor do coeficiente de variação (CV) ultrapassar 25%, a qualidade da amostra deve ser considerada duvidosa, como mencionado por Prudêncio Júnior (1999).

A fórmula do coeficiente de variação (CV) está expressa na Equação (5).

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100 \quad (5)$$

Onde  $S$  representa o valor do desvio padrão da amostra relacionada à variável e  $\bar{X}$  o valor médio da variável para aquela amostra.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos após a análise dos dados, ou seja, os indicadores propostos no capítulo anterior. No Apêndice A são apresentados os dados levantados dos projetos, assim como seus índices médios, desvios padrão e coeficientes de variação. Esses dados foram utilizados para gerar os indicadores apresentados a seguir.

### 4.1 NÚMERO DE PONTOS ELÉTRICOS POR ÁREA CONSTRUÍDA (PONTO/M<sup>2</sup>)

Este indicador se refere a relação entre o somatório de todos os pontos elétricos (tomadas, interruptores e luminárias) e a área construída da edificação. A Figura 6 apresenta a análise para este indicador.

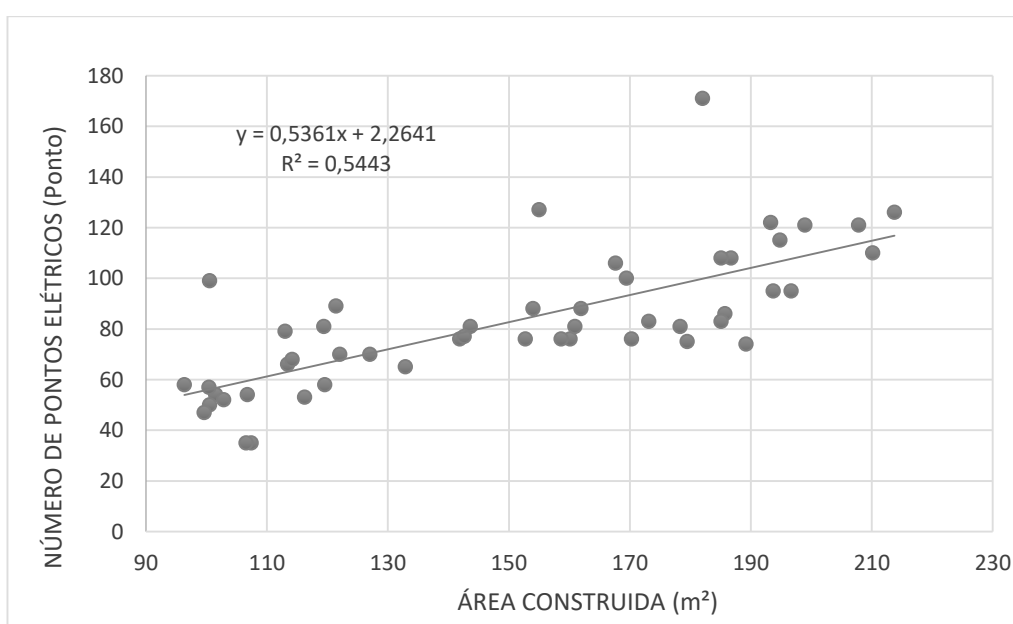


Figura 6 – Relação entre o número de pontos elétricos e a área construída (ponto/m<sup>2</sup>)



Para este indicador, a análise dos dados resultou em um índice médio de 0,55 pontos/m<sup>2</sup>, com um coeficiente de variação de 22,49%, o qual se encontra abaixo do limite de 25%, considerado como ideal segundo Prudêncio Júnior (1999).

Contudo, ao analisar o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), indicado na Figura 6, encontra-se um valor igual a 0,5443, abaixo do limite 0,8 estipulado como de boa confiabilidade de acordo com a Sociedade Internacional de Analistas Paramétricos (1995).

Ao analisar visualmente a Figura 6, podem ser constatados pontos distantes da reta de regressão, ou seja, pontos que podem ser considerados espúrios. Tais pontos, foram identificados e se referem aos projetos 46, 47 e 50.

Analisando estes projetos, pode-se notar que os mesmos apresentam padrão de projeto elétrico diferente dos demais. Tais projetos apresentam uma relação de pontos elétricos pela área de edificação construída mais alta que todos os outros projetos.

No geral, estes projetos (46, 47 e 50) apresentam uma quantidade de luminárias e de tomadas superior em comparação aos projetos de área semelhante. Para exemplificar isto, a Figura 7 apresenta a cozinha do projeto 46, que possui como área total da edificação 182,06m<sup>2</sup>, com a disposição dos pontos elétricos no ambiente. Já a Figura 8 apresenta a disposição dos pontos elétricos da cozinha do projeto 15, que possui como área total da edificação 178,32m<sup>2</sup>.

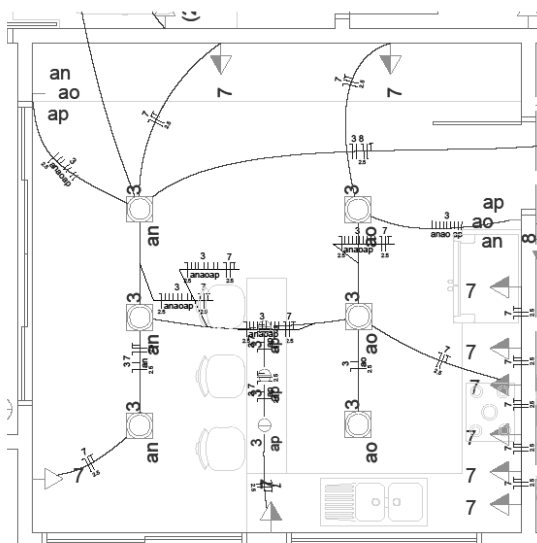
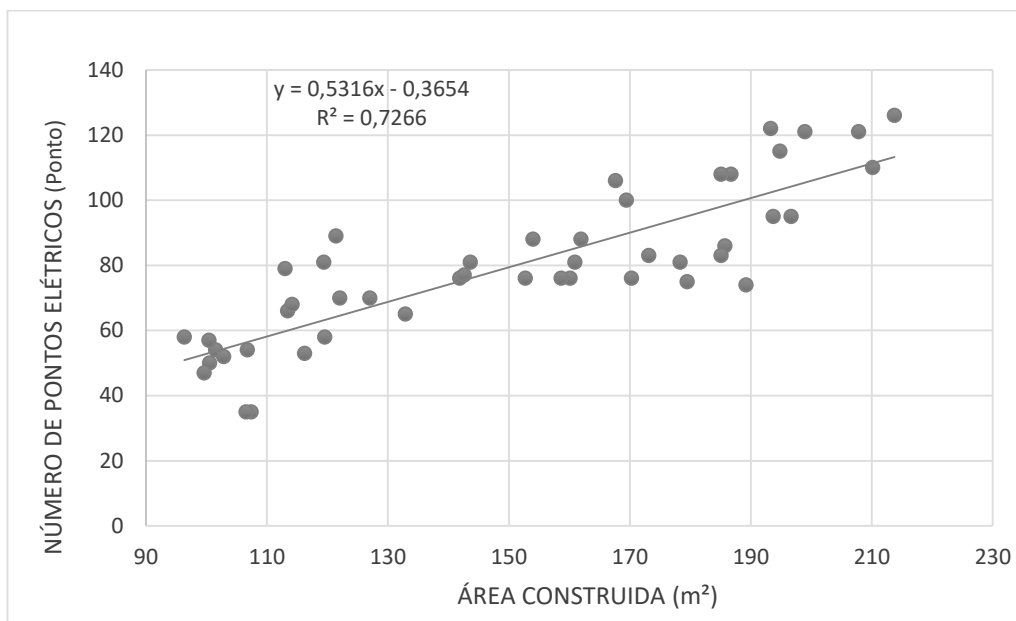


Figura 7 – Cozinha do projeto 46





**Figura 9 – Relação entre o número de pontos elétricos e a área construída (ponto/m<sup>2</sup>)**

Assim, foi constatado um índice médio de 0,53 pontos/m<sup>2</sup>, um coeficiente de variação de 15,84% e um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,7266.

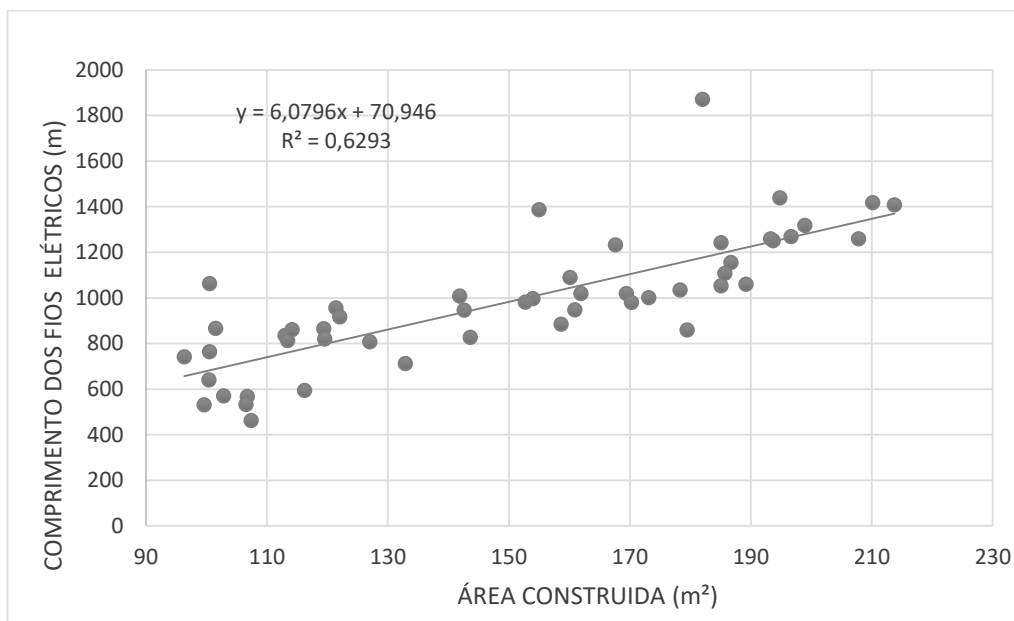
Na literatura tem-se para comparação deste índice o trabalho de Solano (2003), que encontrou para este indicador um valor de 0,36 pontos/m<sup>2</sup>. Esta diferença entre os índices pode se justificar por conta da maior utilização de interruptores e tomadas conjuntos e pelo fato de se tratar de outra tipologia de edificação.

#### 4.2 COMPRIMENTO DOS FIOS ELÉTRICOS POR ÁREA CONSTRUÍDA (M/M<sup>2</sup>)

Para este indicador foi obtido o índice médio igual a 6,59 m/m<sup>2</sup>, com um coeficiente de variação de 18,65%, o qual se encontra abaixo do limite de 25% considerado como ideal.

Da mesma forma que no indicador anterior, tem-se um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) que está abaixo do indicado como ideal (0,8), com valor igual a 0,6293. Também pode ser observada a presença de pontos espúrios.

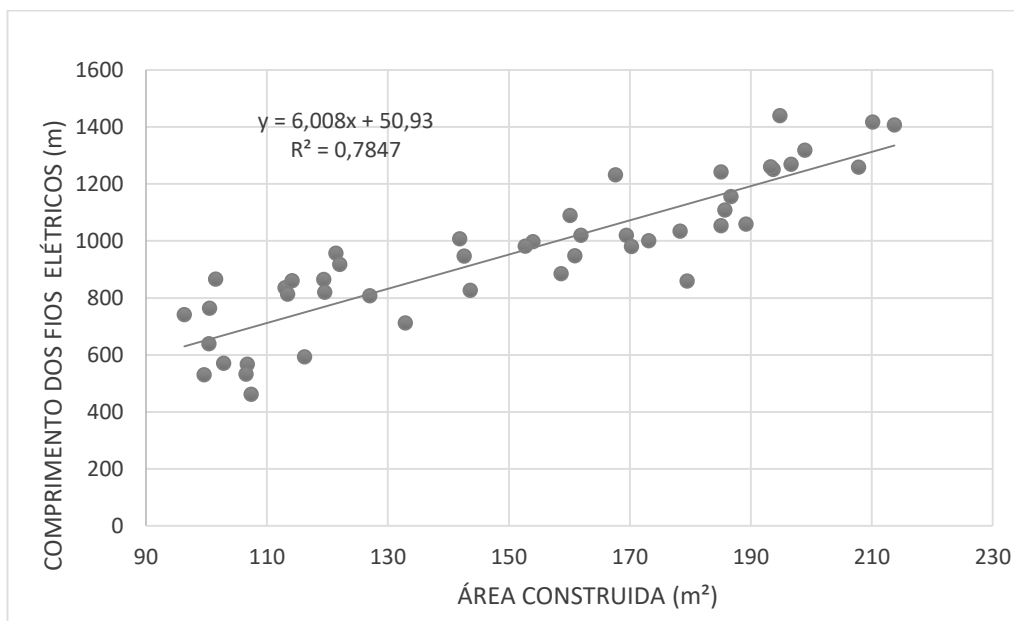
A Figura 10 apresenta a análise para este indicador.



**Figura 10 – Relação entre o comprimento dos fios elétricos e a área construída (m/m²)**

Assim, identificou-se como pontos espúrios os mesmos projetos citados anteriormente, ou seja, os de número 46, 47 e 50. As justificativas para estas diferenças são as mesmas apresentadas anteriormente, ou seja, como os projetos possuem um número de pontos elétricos maiores que os demais, o comprimento dos fios, conseqüentemente também será maior nesses projetos.

Desta forma, novamente tais pontos foram excluídos da análise, com o intuito de melhorar os índices da amostra, como mostrado na Figura 11.



**Figura 11 – Relação entre o comprimento dos fios elétricos e a área construída (m/m<sup>2</sup>)**

De acordo com o gráfico da Figura 11 e com o Apêndice C, os novos índices são: índice médio de 6,37 m/m<sup>2</sup>, coeficiente de variação de 14,02% e um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,7847, consideravelmente próximo de valor satisfatório (0,8).

Em comparação com os valores encontrados na literatura tem-se o índice de Andrade (1996) igual a 6,69 m/m<sup>2</sup> e o de Solano (2003) igual a 5,35 m/m<sup>2</sup>. Percebe-se que o valor encontrado foi próximo ao de Andrade (1996), pois as obras analisadas são de tipologia semelhante, enquanto que Solano (2003) analisou edifícios de múltiplos pavimentos.

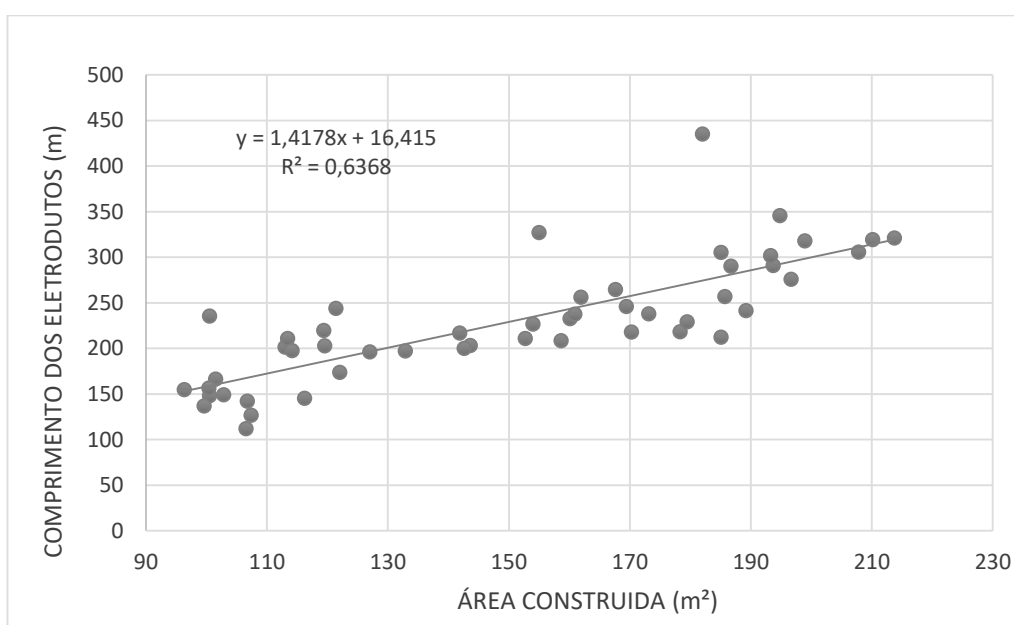
#### 4.3 COMPRIMENTO DOS ELETRODUTOS POR ÁREA CONSTRUIDA (M/M<sup>2</sup>)

Neste item trabalhou-se com a relação entre o somatório do comprimento dos eletrodutos e a área construída da edificação.

Após a compilação dos dados, obteve-se um índice médio de 1,53 m/m<sup>2</sup>, um coeficiente de variação igual a 17,50% e um coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) igual a 0,6368.

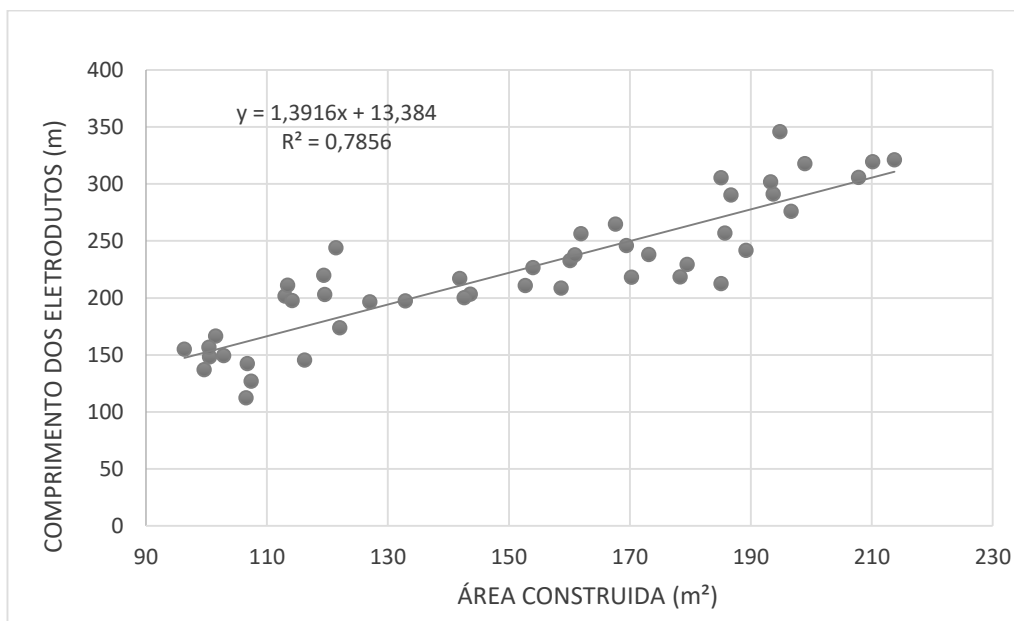
A quantidade de eletrodutos necessária para uma obra é proporcional ao número de pontos elétricos projetados e ao comprimento de fios elétricos. Assim sendo, os mesmos pontos espúrios encontrados anteriormente se repetem neste indicador.

Na Figura 12 é apresentada a análise dos dados com todos os projetos da amostra de dados.



**Figura 12 – Relação entre o comprimento dos eletrodutos e a área construída (m/m<sup>2</sup>)**

Após a exclusão dos dados referentes aos pontos espúrios foi feita uma nova análise e gerado um novo gráfico, apresentado na Figura 13.



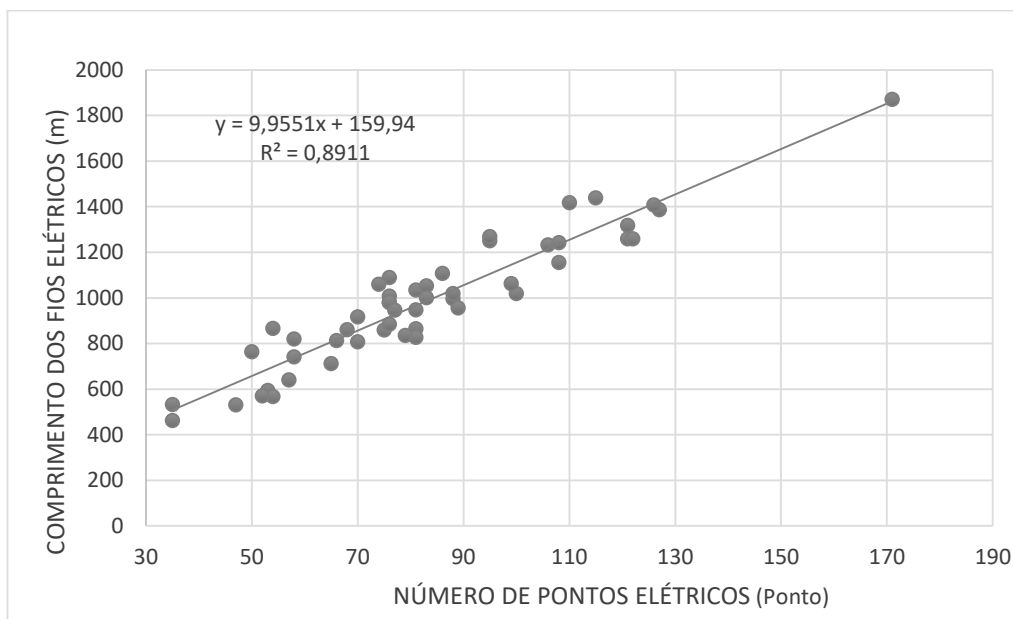
**Figura 13 – Relação entre o comprimento dos eletrodutos e a área construída (m/m²)**

Após a nova análise de dados, foi encontrado um índice médio de 1,49 m/m² e um coeficiente de variação igual a 12,96%. Já o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) ficou igual a 0,7856, muito próximo a 0,8, considerado ideal.

Este indicador resultou em um valor bem abaixo do encontrado no trabalho de Andrade (1996), que foi de 2,17 m/m². Isso pode ser explicado pelo fato de que Andrade trabalhou também com projetos de dois pavimentos, o que demanda uma maior quantidade de eletrodutos no sentido vertical ou também pelas diferentes formas do engenheiro poder projetar, variando conforme julgar melhor.

#### 4.4 COMPRIMENTO DOS FIOS ELÉTRICOS POR NÚMERO DE PONTOS ELÉTRICOS (M/PONTO)

Este indicador se refere a relação entre o somatório do comprimento dos fios elétricos e o número de pontos elétricos. O objetivo foi relacionar os indicadores com outras variáveis e não só a área construída, para verificar o comportamento. O gráfico da Figura 14 apresenta a análise para este indicador.



**Figura 14 – Relação entre o comprimento dos fios elétricos pelo número de pontos elétricos (m/ponto)**

Os resultados das análises efetuadas para este indicador apresentam um índice médio de 12,08 m/ponto, coeficiente de variação igual a 11,70% e um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,8911.

Este índice se mostrou satisfatório, pois tem seu coeficiente de variação abaixo dos 25% considerados como adequado de acordo com Prudêncio Júnior (1999), e principalmente por ter um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) acima do indicado como ideal pela Sociedade Internacional de Analistas Paramétricos (1995).

Desta forma, pode-se considerar que o comprimento dos fios elétricos tem uma forte relação com o número de pontos elétricos. Isso pode ser reforçado com a observação dos dados referentes aos projetos que resultaram em pontos espúrios nos itens anteriores. Todos estes projetos com alta quantidade de pontos elétricos, apresentam um alto valor no comprimento dos fios elétricos, assim como ocorre o contrário, em projetos com poucos pontos elétricos. Desta maneira, este é um bom indicador para ser utilizado no levantamento da quantidade de fios elétricos necessária para o projeto.

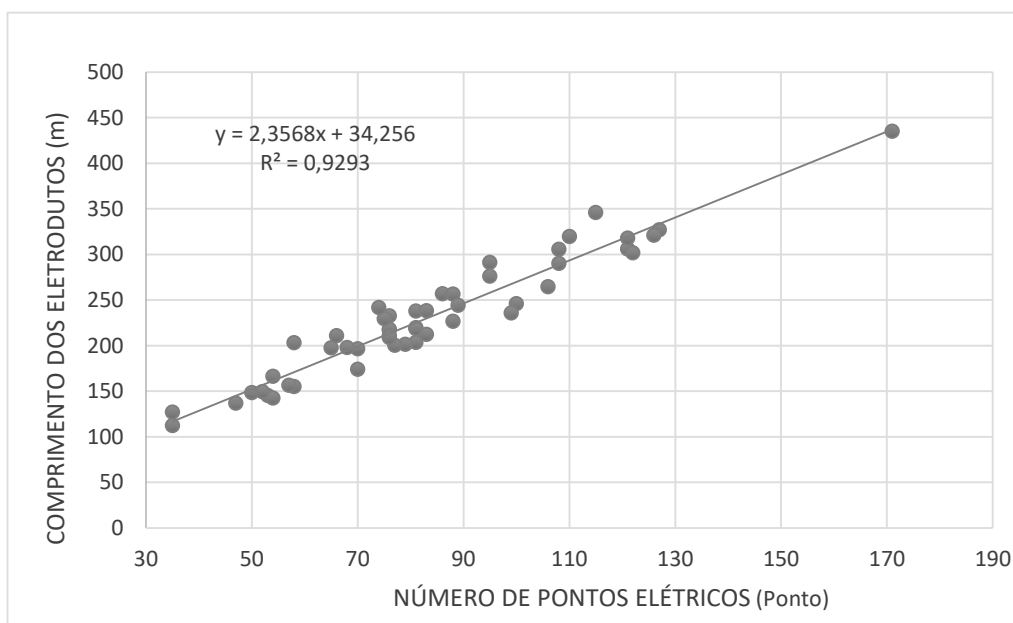
Não foram encontrados trabalhos na literatura que levantaram este indicador.



#### 4.5 COMPRIMENTO DOS ELETRODUTOS POR NÚMERO DE PONTOS ELÉTRICOS (M/PONTO)

Assim como o comprimento dos fios elétricos, o comprimento dos eletrodutos também apresenta uma forte relação com o número de pontos elétricos, conforme pode-se visualizar na Figura 15.

Para este indicador, a análise dos dados resultou num índice médio de 2,81 m/ponto, coeficiente de variação igual a 9,50% e um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,9293.



**Figura 15 – Relação entre o comprimento dos eletrodutos pelo número de pontos elétricos (m/ponto)**

Assim sendo, este indicador também pode ser considerado adequado para ser utilizado no levantamento da quantidade de eletrodutos necessária para o projeto.

Andrade (1996) encontrou um índice de 4,29 m/ponto, valor superior ao 2,81 m/ponto encontrados neste trabalho. Esta diferença pode estar relacionada com a forma do engenheiro projetar. Ou seja, para atender um determinado número de pontos, as vezes se utiliza mais ou menos eletrodutos. Também pode se destacado o

fato dos projetos analisados neste trabalho serem diferentes dos analisados por Andrade (1996).

Nas Figuras 16, 17 e 18 são exemplificados diferentes formas de se dispor os eletrodutos para atender os mesmos pontos. Salienta-se que para essa três formas, os comprimentos dos eletrodutos destinados apenas a ligar os pontos em destaque são distintos, resultando em 11,04 m para a Figura 16, 7,09 m para a Figura 17 e 4,84 m para a Figura 18. Portanto tudo depende da forma como o engenheiro projeta o aproveitamento dos eletrodutos para a passagem de diferentes circuitos.

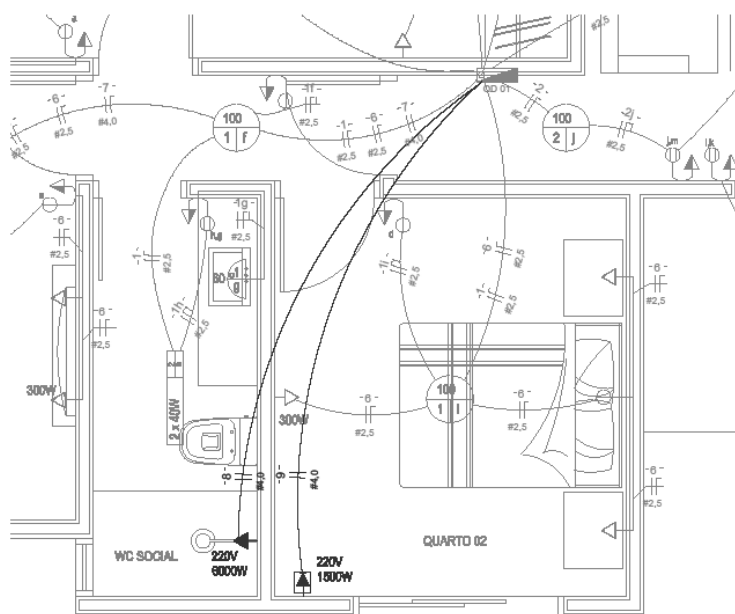
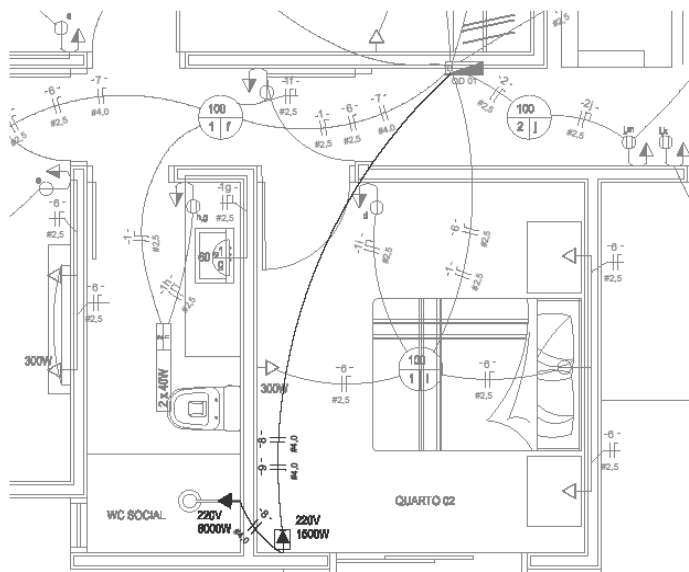
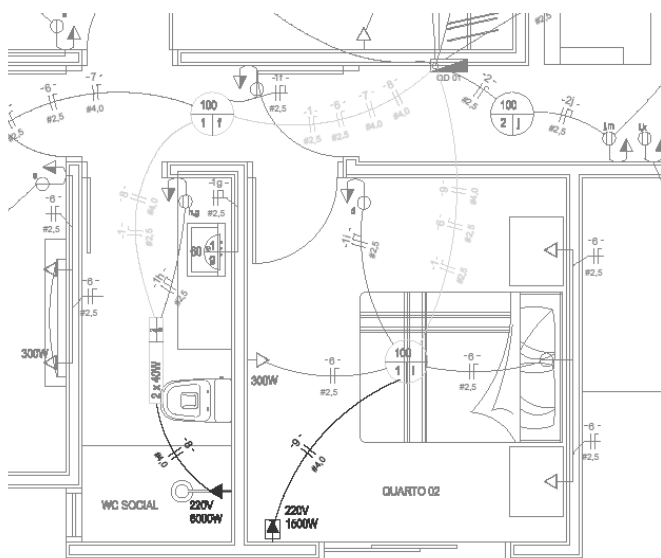


Figura 16 – Exemplo de eletroduto totalmente separado



**Figura 17 – Exemplo de eletroduto parcialmente separado**



**Figura 18 – Exemplo de eletroduto compartilhado**

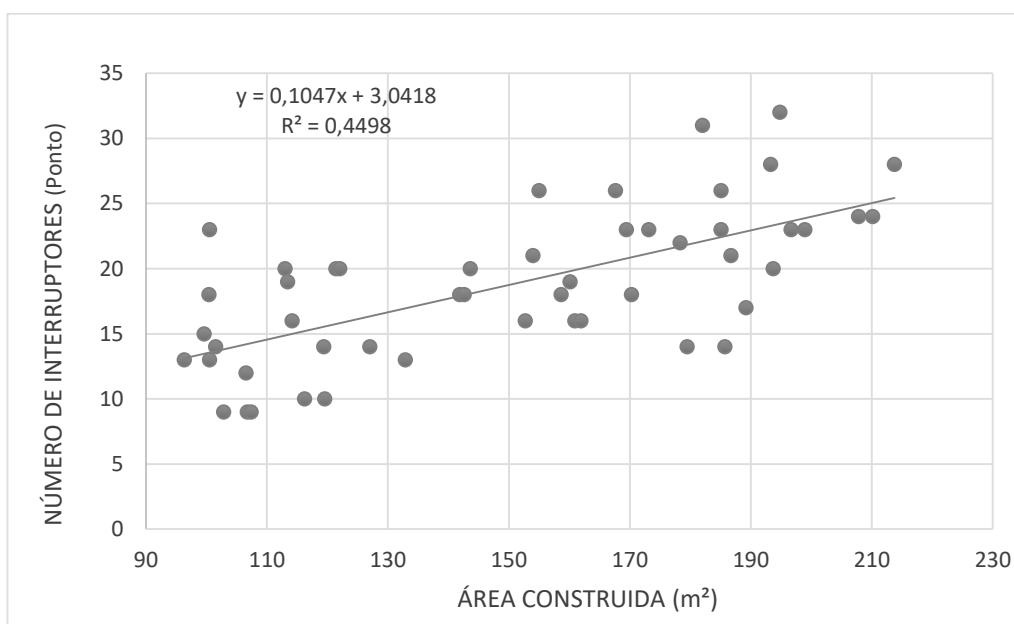
Isso pode justificar a diferença obtida quando o indicador foi comparado com o índice médio de Andrade (1996).

Por outro lado também pode ser destacado o valor encontrado por Solano (2003) que foi de 1,92 m/ponto, menor que o encontrado neste trabalho. Porém, o trabalho deste autor se referia a apartamentos, configurando outra tipologia de projeto.

#### 4.6 NÚMERO DE INTERRUPTORES POR ÁREA CONSTRUÍDA (PONTO/M<sup>2</sup>)

Este indicador relaciona o número de interruptores com a área construída. A utilização de interruptores de uma, duas ou três teclas é um fator determinante na variação deste indicador, pois, independentemente da quantidade de teclas, o valor do interruptor na contagem equivale sempre a um.

Outro fator que contribui para esta variação é a utilização de interruptores em paralelo, que tende a aumentar a quantidade dos interruptores. O gráfico da Figura 19 apresenta a análise para este indicador.



**Figura 19 – Relação entre o número de interruptores e a área construída (ponto/m<sup>2</sup>)**

O indicador médio para esta análise foi de 0,13 ponto/m<sup>2</sup>, com coeficiente de variação de 24,83%, que está abaixo do limite de 25% que é considerado como ideal. Ao analisar o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,4498, é possível constatar que o mesmo apresenta um valor consideravelmente distante de 0,8.

Ao observar a Figura 19 nota-se que o gráfico apresenta seus dados de forma dispersa, esclarecendo o baixo índice de determinação encontrado.

Assim, pode se concluir que o número de interruptores não pode ser explicado pela variação da área construída.

#### 4.7 NÚMERO DE TOMADAS POR ÁREA CONSTRUÍDA (PONTO/M<sup>2</sup>)

A NBR 5410 (ABNT, 2004) menciona em seu texto os parâmetros mínimos para se determinar a quantidade mínima de tomadas de acordo com o tipo do cômodo. Porém, o engenheiro pode colocar no projeto tomadas em função da necessidade ou comodidade do cliente e não em função deste número mínimo.

Nas Figuras 20 e 21, cujas áreas e perímetros são semelhantes, pode-se notar essa diferença de quantidades. Ou seja, no projeto 16 foram dispostas 4 tomadas, enquanto que no projeto 23 foram dispostas 7.

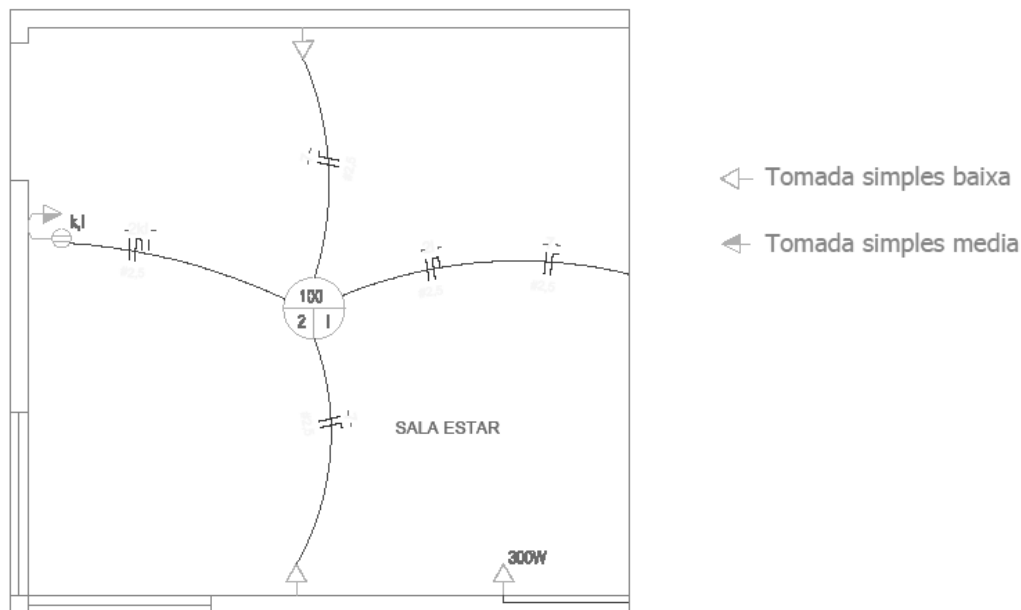


Figura 20 – Sala de estar do projeto 16

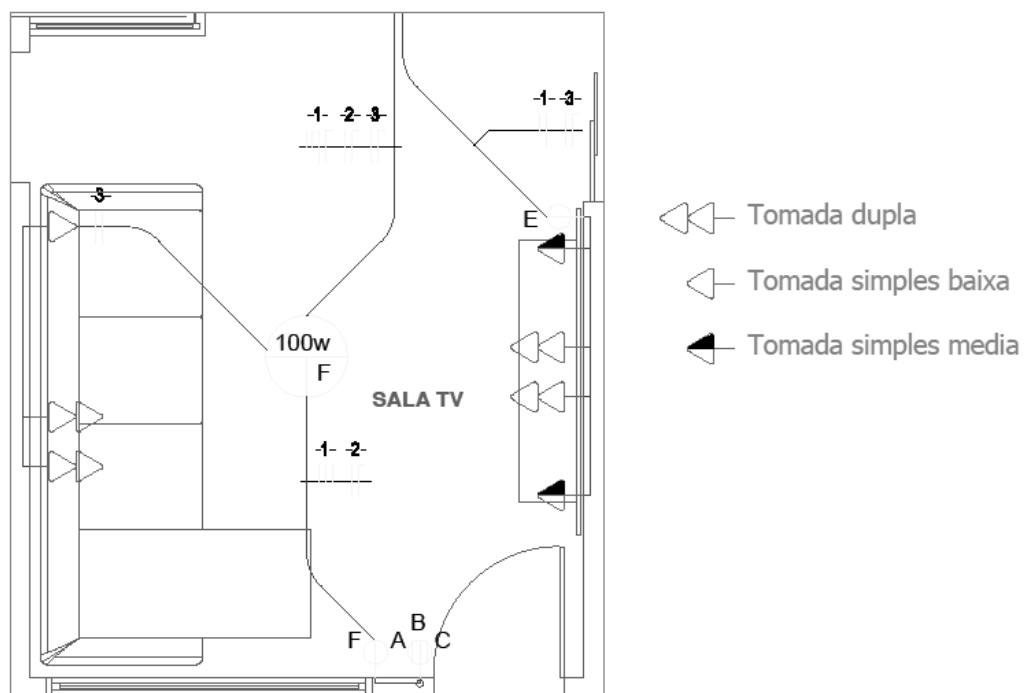


Figura 21 – Sala de estar do projeto 23

A Figura 22 apresenta a análise entre o número de tomadas e a área construída.

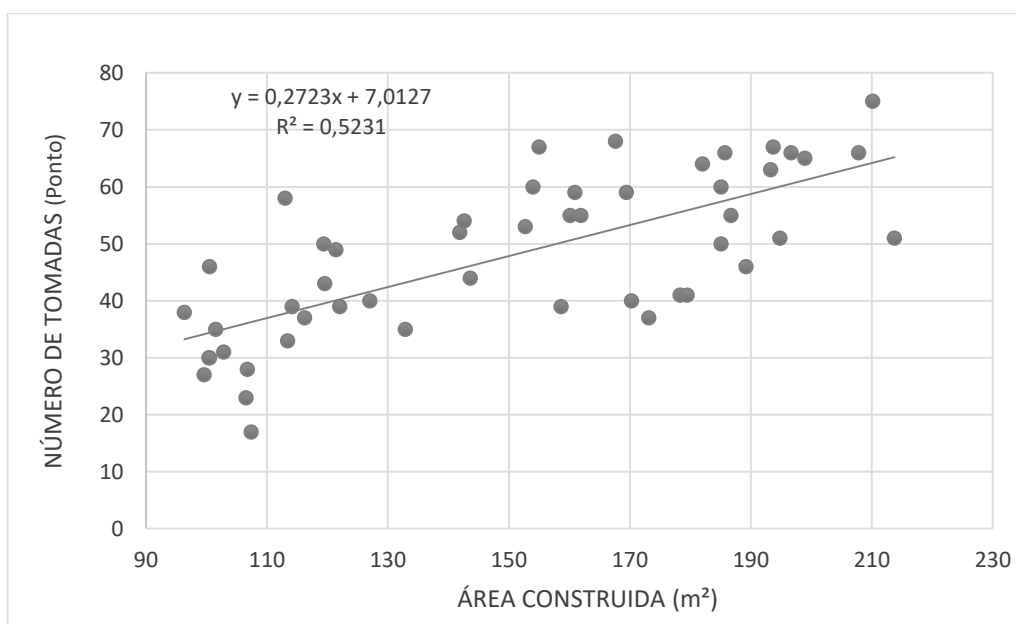


Figura 22 – Relação entre o número de tomadas e a área construída (ponto/m<sup>2</sup>)

Para este indicador, a análise dos dados resultou em um índice médio igual a 0,32 pontos/m<sup>2</sup>, com um coeficiente de variação de 21,25%, o qual se encontra abaixo do limite de 25% considerado como ideal.

Entretanto, para este indicador se encontra um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,5231, conforme indicado na Figura 22. Este valor se encontra abaixo do limite 0,8 e, portanto, não representa uma boa correlação entre os dados.

Nota-se que existem muitos pontos dispersos no gráfico de regressão. Portanto, para esta amostra de dados, o número de tomadas também não pode ser explicado pela variação da área construída.

Não existem para este indicador, trabalhos semelhantes na literatura para comparação.

#### 4.8 NÚMERO DE LUMINÁRIAS POR ÁREA CONSTRUÍDA (PONTO/M<sup>2</sup>)

Este indicador se refere a relação entre a quantidade de luminárias e a área construída da edificação. A Figura 23 apresenta a análise para este indicador.

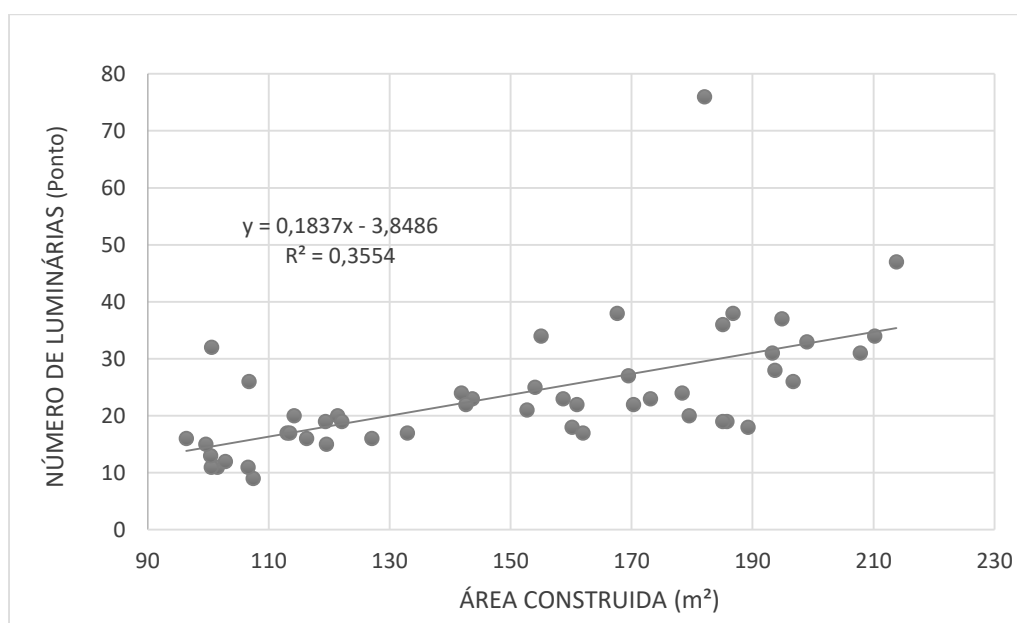
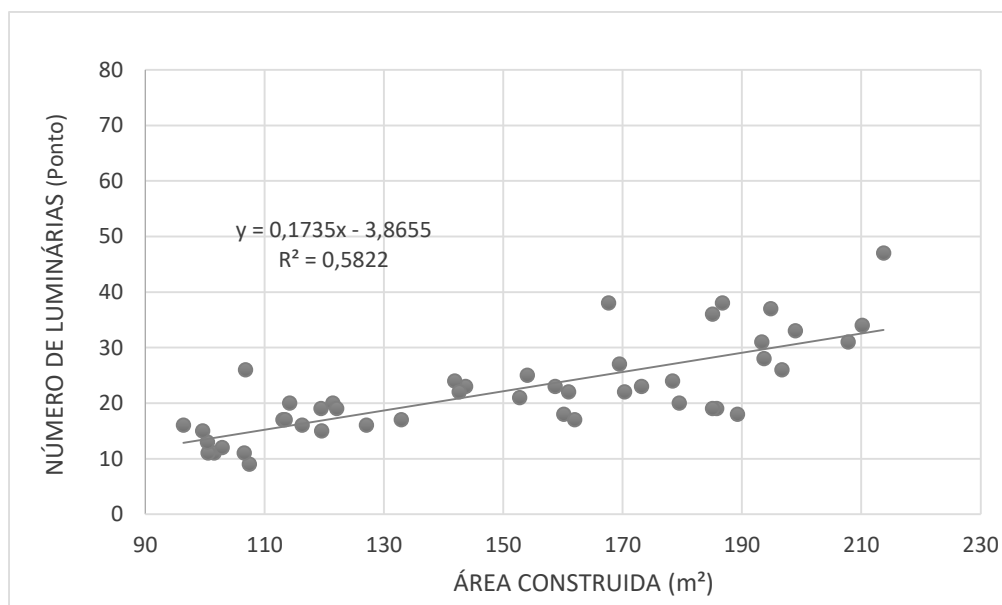


Figura 23 – Relação entre o número de luminárias e a área construída (ponto/m<sup>2</sup>)

Para esta análise o índice médio obtido foi de 0,16 pontos/m<sup>2</sup>, com coeficiente de variação de 36,26%, considerado não satisfatório. De acordo com a Figura 23 o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) obtido é 0,3554.

Prosseguindo a análise, foram excluídos os dados dos projetos 46, 47 e 50, cujas características já foram citadas anteriormente. Sendo assim, foi gerado um novo gráfico de regressão, que é apresentado na Figura 24.



**Figura 24 – Relação entre o número de luminárias e a área construída (ponto/m<sup>2</sup>)**

Nesta nova análise foi encontrado um índice médio igual a 0,15 pontos/m<sup>2</sup>, com coeficiente de variação de 23,67%, considerado satisfatório. O novo coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) obtido é 0,5822, ainda sim, abaixo do limite 0,8, considerado ideal.

Pode ser observado, como exemplo, os projetos 30 e 50, que possuem áreas semelhantes, ou seja, 100,40m<sup>2</sup> e 100,51m<sup>2</sup>. As quantidades de luminárias para esses projetos foram de 15 e 32, respectivamente.

Sendo assim, este indicador também não apresenta uma boa correlação e, portanto, também não pode ser explicado pela variação da área construída.



Não foi encontrado nenhum autor que tenha feito a análise apenas com relação a quantidade de luminárias em relação a área. As bibliografias encontradas, relacionam sempre a quantidade de pontos elétricos, em um todo.

#### 4.9 RELAÇÃO DOS INDICADORES OBTIDOS

A Tabela 4 apresenta um resumo dos indicadores analisados durante o trabalho.

**Tabela 4 – Índices obtidos**

Indicadores	Unidade	Equações Paramétricas	Índices Médios	Coef. De Variação	R <sup>2</sup>
Número de pontos elétricos por área construída	Ponto/m <sup>2</sup>	$y = 0,5316x - 0,3654$	0,53	15,84	0,7266
Comprimento dos fios elétricos por área construída	m/m <sup>2</sup>	$y = 6,008x + 50,93$	6,37	14,02	0,7847
Comprimento dos eletrodutos por área construída	m/m <sup>2</sup>	$y = 1,3916x + 13,384$	1,49	12,96	0,7856
Comprimento dos fios elétricos por número de pontos elétricos	m/Ponto	$y = 9,9551x + 159,94$	12,16	11,71	0,8911
Comprimento dos eletrodutos por número de pontos elétricos	m/Ponto	$y = 2,3568x + 34,256$	2,83	9,25	0,9293
Número de interruptores	Ponto/m <sup>2</sup>	$y = 0,1047x + 3,0418$	0,13	24,83	0,4498
Número de tomadas	Ponto/m <sup>2</sup>	$y = 0,2723x + 7,0127$	0,32	21,25	0,5231
Número de luminárias	Ponto/m <sup>2</sup>	$y = 0,1735x - 3,8655$	0,15	23,67	0,5822

Com relação aos indicadores relacionados com a área construída, os indicadores que relacionam o comprimento de fios e comprimento de eletrodutos relacionados com a área construída obtiveram resultados de coeficiente de R<sup>2</sup> próximos ao indicado como ideal, que seria de 0,8.

Os melhores indicadores são aqueles que são relacionados com o número de pontos elétricos. Já analisando o número de interruptores, de tomadas e luminárias isoladamente, associando com a área construída, não se obtiveram indicadores adequados (com baixos valores de  $R^2$ ) que pudessem ser utilizados para estimativas de custos.

Conforme mencionado nos capítulos anteriores, existem poucos trabalhos na literatura relacionados ao assunto. Além disso, destes trabalhos, não é possível encontrar algum que trate apenas de residências unifamiliares de um pavimento, a qual foi a delimitação desta pesquisa. Desta forma, o trabalho que mais se assemelha a este, é o de Andrade (1996), o qual se refere a projetos de residências de 103 a 405  $m^2$ , de um e dois pavimentos.

Ao comparar os indicadores obtidos com os de Andrade (1996), pode-se notar que o comprimento dos eletrodutos pela área construída e o comprimento dos eletrodutos pelo número de pontos elétricos tiveram valores superiores. Por outro lado, o comprimento dos fios elétricos pela área construída teve pouca variação, resultando em valores próximos. A Tabela 5 apresenta os valores comparados deste trabalho com o de Andrade (1996) e Solano (2003) que são os trabalhos que efetuaram o levantamento de indicadores paramétricos para projetos elétricos.

**Tabela 5 – Comparação com dados de outros autores**

Indicadores	Unidade	Obtidos no trabalho	Andrade (1996)	Solano (2003)
Número de pontos elétricos por área construída	Ponto/ $m^2$	0,53	-	0,36
Comprimento dos fios elétricos por área construída	m/ $m^2$	6,37	6,69	5,35
Comprimento dos eletrodutos por área construída	m/ $m^2$	1,49	2,17	-
Comprimento dos fios elétricos por número de pontos elétricos	m/Ponto	12,16	-	-
Comprimento dos eletrodutos por número de pontos elétricos	m/Ponto	2,83	4,29	1,92
Número de interruptores	Ponto/ $m^2$	0,12	-	-
Número de tomadas	Ponto/ $m^2$	0,31	-	-
Número de luminárias	Ponto/ $m^2$	0,15	-	-

Para os outros indicadores não foram encontrados na literatura trabalhos com indicadores semelhantes que pudessem ser comparados.

#### 4.10 COMPARAÇÃO DOS INDICADORES DESENVOLVIDOS COM O MÉTODO ANALÍTICO

Com o intuito de conferir se os indicadores obtidos neste trabalho resultam um valor próximo ao real, foi realizado um levantamento dos quantitativos de outro projeto, ou seja, um que não pertence a amostra. Neste levantamento foi utilizada a mesma metodologia que foi empregada para levantar os dados dos outros projetos da amostra. O projeto utilizado para esta análise tem uma área construída de 152,32m<sup>2</sup>, e sua planta baixa se encontra no Apêndice D.

Na Tabela 6 são apresentados os valores resultantes da aplicação do uso das equações paramétricas que foram geradas neste trabalho (coluna índices), os valores levantados no projeto (coluna analítico) e a porcentagem de erro encontrada entre os dois valores.

**Tabela 6 – Comparação dos indicadores desenvolvidos com o método analítico**

Indicadores	Unidade	Índices	Analítico	Erro (%)
Número de pontos elétricos por área construída	Pontos	80,61	62,00	30,01
Comprimento dos fios elétricos por área construída	m	966,07	841,12	14,86
Comprimento dos eletrodutos por área construída	m	225,35	186,98	20,52
Comprim. dos fios elétricos por número de pontos elétricos	m	777,16	841,12	7,60
Comprim. dos eletrodutos por número de pontos elétricos	m	180,38	186,98	3,53
Número de interruptores por área construída	Pontos	18,99	14,00	35,64
Número de tomadas por área construída	Pontos	48,49	36,00	34,69
Número de luminárias por área construída	Pontos	22,56	15,00	50,41

Conforme dados apresentados na Tabela 6, os indicadores que apresentaram um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) baixo, como o número de interruptores por área construída, número de tomadas por área construída e número de luminárias por área construída, resultaram em valores com um erro maior.

Ainda de acordo com a Tabela 6 e reforçando o que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) encontrados explicitam, os melhores indicadores são aqueles que são relacionados com o número de pontos elétricos. A diferença entre os métodos para o comprimento dos fios elétricos foi de 63,96 m (7,60%) e para o comprimento dos eletrodutos foi de apenas 6,60 m (3,53%), quando relacionado com o número de pontos elétricos.

## 5 CONCLUSÃO

Por meio das análises efetuadas neste trabalho e de acordo com os resultados obtidos, conclui-se que alguns indicadores alcançaram índices satisfatórios. São eles: número de pontos elétricos por área construída, comprimento dos fios elétricos por área construída e comprimento dos eletrodutos por área construída. Por serem relacionados com a área construída, estes indicadores podem ser empregados nas estimativas preliminares de custo de projetos elétricos.

Os indicadores que apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) acima de 0,8, considerados de boa confiabilidade, foram os relacionados com o número de pontos elétricos e, por conta disso, se faz necessário ter o projeto elétrico pronto para poderem ser utilizados. Apesar da boa precisão mostrada quando comparado com o levantamento analítico, deve-se utilizar o analítico sempre que possível. Sendo assim o uso destes indicadores fica aconselhado quando não se dispõe de muito tempo para fazer o levantamento dos quantitativos ou quando se admite um grau de precisão menor.

Os indicadores como número de interruptores por área construída, número de tomadas por área construída e número de luminárias por área construída, não obtiveram um coeficiente de determinação ( $R^2$ ) satisfatório, e por conseguinte, não é aconselhável sua utilização.

A causa desta imprecisão está nas várias formas que os pontos podem ser distribuídos, em função da opção do engenheiro e solicitações do cliente e não somente em função da área construída.

De um modo geral os indicadores obtidos neste trabalho se apresentaram distintos dos já encontrados na bibliografia em virtude da diferença entre as tipologias analisadas. Enquanto Solano (2003) analisou edifícios de múltiplos andares, Andrade (1996) fez sua análise em residências de um e dois pavimentos.

Apesar disso, os índices gerados apresentaram resultado satisfatório quando comparados com os índices gerados de forma analítica sobre determinado projeto.

Então, dessa forma, as equações geradas neste trabalho vem contribuir com a geração de indicadores paramétricos, auxiliando o engenheiro orçamentista a efetuar suas atividades de forma mais rápida e precisa.

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir do presente trabalho abrem-se possibilidades de novos estudos, a fim de contribuir com o desenvolvimento dos índices paramétricos.

Portanto, como sugestão para trabalhos futuros tem-se:

- Realizar estudo dos mesmos indicadores obtidos neste trabalho, para projetos de residências de dois pavimentos.
- Relacionar o número de interruptores, tomadas e luminárias com outras variáveis, a fim de encontrar melhores correlações.
- Aplicação da mesma metodologia para outros projetos complementares.
- Repetir o estudo em uma amostra maior, a fim de verificar se os indicadores que apresentaram  $R^2$  baixo mantem esse comportamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Vanessa Adriano. **Modelagem dos custos para casas da classe média**. 1996. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721**: avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ASSUMPÇÃO, J. F. P.; FUGAZZA, A. E. C. **Execução de orçamento por módulos para obras de construção de edifícios**. Artigo sem apresentação, 1999.

AVILA, A. V.; LIBRELOTTO, L. I.; LOPES, O. C. **Orçamento de Obras**. Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL. Florianópolis-SC, 2003.

BAZANELLI, A. C. D. R. **Uma nova abordagem do orçamento na construção civil frente a filosofia gerencial do pensamento enxuto**. 2003. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2003

BAZANELLI, A.C.D.; DEMARZO, M.A.; CONTE, A.S.I. **Otimização da planilha orçamentária de edificações através da aplicação dos princípios da lean construction**. III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. III SIBRAGEC. UFSCar, São Carlos, SP - 16 a 19 de setembro de 2003.

BRASIL. Caixa Econômica Federal. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível em Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. SINAPI. Disponível em < [http://www.caixa.gov.br/pod\\_erpúblico/apoiopoderpúblico/sinapi/Paginas/default.aspx](http://www.caixa.gov.br/pod_erpúblico/apoiopoderpúblico/sinapi/Paginas/default.aspx)> Acesso em: 09 mai. 2016

BRASIL. Decreto nº 7983, de 08 de abril de 2013. Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, e dá outras providências. **Diário Oficial da União República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 08 abr. 2013. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato20112014/2013/Decreto/D7983.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20112014/2013/Decreto/D7983.htm)>. Acesso em: 08 mai. 2016

BRESSIANI, L.; HEINECK, L. F. M.; ROMAN, H. R. **Indicadores paramétricos para orçamento e avaliação da qualidade de projetos: analisando a consistência interna de um banco de dados e das equações de regressão geradas.** XXIII ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Anais, Canela, 2003.

CANTANHEDE, David Alberto Grangeiro. **Custo Unitário Básico (CUB): Verificação e Validação do modelo de cálculo.** 2003. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2013

CHRISTIAN, John; HACHEY, Daniel. **Effects of Delay Times on Production Rates in Construction.** In; Journal of Construction Engineering and Management, vol. 121, no. 1, p. 20-26. American Society of Civil Engineers (ASCE), 1995.

COLPANI, D. P. **Determinação dos índices para estimativas de custo de projetos hidrossanitários.** 2008. 73f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Assis Gurgacz, Cascavel, 2008.

CRESPO, Antônio Arnot. **Estatística fácil.** 17<sup>o</sup> edição. São Paulo: Editora Saraiva, 2002. 115p.

DOWNING, D.; CLARK, J. **Estatística Aplicada.** 2<sup>o</sup> edição. São Paulo: Editora Saraiva, 2005. 351p.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 3<sup>a</sup> edição. São Paulo: Editora Atlas, 1996..

GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. **Noções de Orçamento e Planejamento de Obras.** 2008. 49p. Notas de Aula – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2008

HIROTA, Ercilia Hitomi. **Estudo exploratório sobre a tipificação de projetos de edificações, visando a reformulação da Norma Brasileira NB-140/65.** Porto Alegre, 1987. 151p. Dissertação – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

KATO, Camila Seiço. **Método para estimar custos diretos da execução de edifícios: aplicação a alvenaria estrutural.** 214p Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo - SP, 2013



HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann. **Efeito Aprendizagem, Efeito Continuidade e Efeito Concentração no Aumento da Produtividade nas Alvenarias**. Artigo. Florianópolis (SC), Universidade Federal de Santa Catarina, 1991.

KERN, Andrea Parisi; FORMOSO, Carlos Torres. **A utilização de “curvas de agregação” como ferramenta de integração dos diferentes setores de uma empresa de construção civil na gestão de custos**. XXII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Anais, Curitiba, 2002.

KURTZ, C. E. **Índices paramétricos para serviços de pintura externa**. III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. UFSCar. São Carlos, 2003.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, Orçamento e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: Editora LTC – Livros técnicos e científicos, 1997. 244p

LOSSO, Iseu Reichmann. **Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custo: estudo de caso em uma empresa de construção**. 1995. 146 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.

MACHADO, Ricardo Luiz. **Estudo dos esquemas de incentivos financeiros no conjunto de fatores que afetam a produtividade da mão-de-obra em empresas de Construção Civil**, 1997. 193p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. 1997.

MASCARÓ, Juan Luis. **O custo das decisões arquitetônicas**. São Paulo - SP, ed. Nobel, 1985.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras**. São Paulo: Ed. PINI, 2006. 281p.

OTERO, Juliano Araújo. **Análise paramétrica de dados orçamentários para estimativas de custo na construção de edifícios: estudo de caso voltado para a questão da variabilidade**. 2000. 214p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. 2000.

PARISOTTO, Jules Antonio. **Análise de estimativas paramétricas para formular um modelo de quantificação de serviços, consumo de mão de obra e custos de edificações residenciais: estudo de caso para uma empresa construtora**. Florianópolis, SC. UFSC. 2003. 106 p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

PINTO, C. A. P. **Custos na construção civil**. Apostila do Curso de Especialização em Gerenciamento e Racionalização da Construção Civil, Piracicaba, 1995.

PRUDÊNCIO JÚNIOR, L. R. **Métodos estatísticos**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

ROSA, F. J. da; **Determinação de índices paramétricos para estimativas de custo de projetos estruturais em residências**. 2009. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2009.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Custo Unitário Básico (CUB/m<sup>2</sup>): principais aspectos**. Belo Horizonte: SINDUSCON-MG, 2007. 112p.

SOCIEDADE INTERNACIONAL DE ANALISTAS PARAMÉTRICOS. **Parametric Estimating Handbook**. Vienna (USA), 1995. 237 p.

SOLANO, Renato da Silva. **Indicadores geométricos, mão de obra e custos: Edificações alto padrão em Porto Alegre**. Trabalho de conclusão da disciplina de Gerenciamento de Empreendimentos. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis - SC, 2003.

SOIBELMAN, Lúcio. **As Perdas de Materiais na Construção de Edificações; sua Incidência e seu Controle**. Dissertação de mestrado. Porto Alegre (RS), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993.

VALLE, Eduardo Ferreira do. **Análise de custos paramétricos de edificações não residenciais do oeste de Santa Catarina**. Florianópolis. 2006. 178 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Desempenho de Sistemas Construtivos) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

## APÊNDICE A – Resumo dos quantitativos dos projetos

**Tabela 7 – Resumo dos quantitativos dos projetos**

(continua)

Projeto	Área (m <sup>2</sup> )	Pontos Elétricos (Un)	Fios (m)	Eletrodutos (m)	Tomada (Un)	Interruptores (Un)	Luminárias (Un)
1	119,40	81	864,78	219,76	50	14	19
2	169,44	100	1019,26	246,02	59	23	27
3	143,64	81	826,85	203,29	44	20	23
4	186,73	108	1155,21	290,16	55	21	38
5	116,25	53	593,13	145,32	37	10	16
6	113,03	79	835,21	201,45	58	20	17
7	185,72	86	1107,74	256,88	66	14	19
8	141,86	76	1007,34	217,10	52	18	24
9	167,62	106	1231,81	264,61	68	26	38
10	210,16	110	1417,25	319,49	75	24	34
11	106,75	54	566,81	142,27	28	9	26
12	160,13	76	1089,02	232,75	55	19	18
13	153,99	88	996,61	226,64	60	21	25
14	193,70	95	1250,88	291,08	67	20	28
15	178,32	81	1034,23	218,38	41	22	24
16	160,94	81	947,20	237,72	59	16	22
17	132,90	65	711,90	197,42	35	13	17
18	119,54	58	820,05	202,95	43	10	15
19	101,51	54	865,50	166,34	35	14	11
20	100,50	50	763,13	148,28	30	13	11
21	107,42	35	461,94	126,90	17	9	9
22	106,56	35	531,90	112,24	23	12	11
23	170,28	76	979,99	217,99	40	18	22
24	152,70	76	981,16	210,86	53	16	21
25	185,06	108	1242,25	305,38	50	26	36
26	196,67	95	1268,56	276,03	66	23	26
27	142,60	77	946,31	200,23	54	18	22
28	96,37	58	741,01	154,89	38	13	16
29	185,06	83	1053,19	212,38	60	23	19
30	100,40	57	639,42	156,54	30	18	13
31	99,60	47	530,52	136,92	27	15	15
32	161,94	88	1019,43	256,33	55	16	17
33	207,80	121	1258,48	305,79	66	24	31
34	121,39	89	956,40	243,98	49	20	20
35	193,28	122	1259,45	301,77	63	28	31
36	198,94	121	1318,55	317,88	65	23	33
37	179,48	75	859,48	229,31	41	14	20

**Tabela 7 – Resumo dos quantitativos dos projetos**

(conclusão)

Projeto	Área (m <sup>2</sup> )	Pontos Elétricos (Un)	Fios (m)	Eletrodutos (m)	Tomada (Un)	Interruptores (Un)	Luminárias (Un)
38	102,84	52	570,45	149,32	31	9	12
39	189,22	74	1059,03	241,55	46	17	18
40	127,02	70	807,61	196,43	40	14	16
41	113,44	66	812,85	210,96	33	19	17
42	122,05	70	917,07	173,86	39	20	19
43	114,18	68	860,47	197,75	39	16	20
44	158,66	76	884,76	208,70	39	18	23
45	173,13	83	1000,67	238,14	37	23	23
46	182,03	171	1870,61	435,02	64	31	76
47	155,00	127	1387,11	326,98	67	26	34
48	194,82	115	1438,96	345,89	51	32	37
49	213,75	126	1407,10	321,01	51	28	47
50	100,54	99	1062,63	235,56	46	23	32

## APÊNDICE B – Relação entre os indicadores propostos

**Tabela 8 – Relação entre os indicadores**

(continua)

Projetos	pontos/ m <sup>2</sup>	m de fios/ m <sup>2</sup>	m de eletrodutos/m <sup>2</sup>	m de fios/ pontos	m de eletrodutos/pontos	Inter./m <sup>2</sup>	Tomadas/m <sup>2</sup>	Lumin./m <sup>2</sup>
1	0,68	7,24	1,84	10,68	2,71	0,12	0,42	0,16
2	0,59	6,02	1,45	10,19	2,46	0,14	0,35	0,16
3	0,56	5,76	1,42	10,21	2,51	0,14	0,31	0,16
4	0,58	6,19	1,55	10,70	2,69	0,11	0,29	0,20
5	0,46	5,10	1,25	11,19	2,74	0,09	0,32	0,14
6	0,70	7,39	1,78	10,57	2,55	0,18	0,51	0,15
7	0,46	5,96	1,38	12,88	2,99	0,08	0,36	0,10
8	0,54	7,10	1,53	13,25	2,86	0,13	0,37	0,17
9	0,63	7,35	1,58	11,62	2,50	0,16	0,41	0,23
10	0,52	6,74	1,52	12,88	2,90	0,11	0,36	0,16
11	0,51	5,31	1,33	10,50	2,63	0,08	0,26	0,24
12	0,47	6,80	1,45	14,33	3,06	0,12	0,34	0,11
13	0,57	6,47	1,47	11,33	2,58	0,14	0,39	0,16
14	0,49	6,46	1,50	13,17	3,06	0,10	0,35	0,14
15	0,45	5,80	1,22	12,77	2,70	0,12	0,23	0,13
16	0,50	5,89	1,48	11,69	2,93	0,10	0,37	0,14
17	0,49	5,36	1,49	10,95	3,04	0,10	0,26	0,13
18	0,49	6,86	1,70	14,14	3,50	0,08	0,36	0,13
19	0,53	8,53	1,64	16,03	3,08	0,14	0,34	0,11
20	0,50	7,59	1,48	15,26	2,97	0,13	0,30	0,11
21	0,33	4,30	1,18	13,20	3,63	0,08	0,16	0,08
22	0,33	4,99	1,05	15,20	3,21	0,11	0,22	0,10

Tabela 8 – Relação entre os indicadores

(continua)

Projetos	pontos/ m <sup>2</sup>	m de fios/ m <sup>2</sup>	m de eletrodutos/m <sup>2</sup>	m de fios/ pontos	m de eletrodutos/pontos	Inter./m <sup>2</sup>	Tomadas/m <sup>2</sup>	Lumin./m <sup>2</sup>
23	0,45	5,76	1,28	12,89	2,87	0,11	0,23	0,13
24	0,50	6,43	1,38	12,91	2,77	0,10	0,35	0,14
25	0,58	6,71	1,65	11,50	2,83	0,14	0,27	0,19
26	0,48	6,45	1,40	13,35	2,91	0,12	0,34	0,13
27	0,54	6,64	1,40	12,29	2,60	0,13	0,38	0,15
28	0,60	7,69	1,61	12,78	2,67	0,13	0,39	0,17
29	0,45	5,69	1,15	12,69	2,56	0,12	0,32	0,10
30	0,57	6,37	1,56	11,22	2,75	0,18	0,30	0,13
31	0,47	5,33	1,37	11,29	2,91	0,15	0,27	0,15
32	0,54	6,30	1,58	11,58	2,91	0,10	0,34	0,10
33	0,58	6,06	1,47	10,40	2,53	0,12	0,32	0,15
34	0,73	7,88	2,01	10,75	2,74	0,16	0,40	0,16
35	0,63	6,52	1,56	10,32	2,47	0,14	0,33	0,16
36	0,61	6,63	1,60	10,90	2,63	0,12	0,33	0,17
37	0,42	4,79	1,28	11,46	3,06	0,08	0,23	0,11
38	0,51	5,55	1,45	10,97	2,87	0,09	0,30	0,12
39	0,39	5,60	1,28	14,31	3,26	0,09	0,24	0,10
40	0,55	6,36	1,55	11,54	2,81	0,11	0,31	0,13
41	0,58	7,17	1,86	12,32	3,20	0,17	0,29	0,15
42	0,57	7,51	1,42	13,10	2,48	0,16	0,32	0,16
43	0,60	7,54	1,73	12,65	2,91	0,14	0,34	0,18
44	0,48	5,58	1,32	11,64	2,75	0,11	0,25	0,14
45	0,48	5,78	1,38	12,06	2,87	0,13	0,21	0,13
46	0,94	10,28	2,39	10,94	2,54	0,17	0,35	0,42
47	0,82	8,95	2,11	10,92	2,57	0,17	0,43	0,22
48	0,59	7,39	1,78	12,51	3,01	0,16	0,26	0,19

Tabela 8 – Relação entre os indicadores

(conclusão)

Projetos	pontos/ m <sup>2</sup>	m de fios/ m <sup>2</sup>	m de eletrodutos/m <sup>2</sup>	m de fios/ pontos	m de eletrodutos/pontos	Inter./m <sup>2</sup>	Tomadas/m <sup>2</sup>	Lumin./m <sup>2</sup>
49	0,59	6,58	1,50	11,17	2,55	0,13	0,24	0,22
50	0,98	10,57	2,34	10,73	2,38	0,23	0,46	0,32
Média	0,55	6,59	1,53	12,08	2,81	0,13	0,32	0,16
D. Padrão	0,12	1,23	0,27	1,41	0,27	0,03	0,07	0,06
C. Variação	22,49	18,65	17,50	11,70	9,50	24,83	21,25	36,26

**APÊNDICE C – Relação entre os indicadores propostos com projetos 46, 47 e 50 excluídos**

**Tabela 9 – Relação entre os indicadores**

(continua)

Projetos	pontos/ m <sup>2</sup>	m de fios/ m <sup>2</sup>	m de eletrodutos/m <sup>2</sup>	m de fios/ pontos	m de eletrodutos/pontos	Inter./m <sup>2</sup>	Tomadas/m <sup>2</sup>	Lumin./m <sup>2</sup>
1	0,68	7,24	1,84	10,68	2,71	0,12	0,42	0,16
2	0,59	6,02	1,45	10,19	2,46	0,14	0,35	0,16
3	0,56	5,76	1,42	10,21	2,51	0,14	0,31	0,16
4	0,58	6,19	1,55	10,70	2,69	0,11	0,29	0,20
5	0,46	5,10	1,25	11,19	2,74	0,09	0,32	0,14
6	0,70	7,39	1,78	10,57	2,55	0,18	0,51	0,15
7	0,46	5,96	1,38	12,88	2,99	0,08	0,36	0,10
8	0,54	7,10	1,53	13,25	2,86	0,13	0,37	0,17
9	0,63	7,35	1,58	11,62	2,50	0,16	0,41	0,23
10	0,52	6,74	1,52	12,88	2,90	0,11	0,36	0,16
11	0,51	5,31	1,33	10,50	2,63	0,08	0,26	0,24
12	0,47	6,80	1,45	14,33	3,06	0,12	0,34	0,11
13	0,57	6,47	1,47	11,33	2,58	0,14	0,39	0,16
14	0,49	6,46	1,50	13,17	3,06	0,10	0,35	0,14
15	0,45	5,80	1,22	12,77	2,70	0,12	0,23	0,13
16	0,50	5,89	1,48	11,69	2,93	0,10	0,37	0,14
17	0,49	5,36	1,49	10,95	3,04	0,10	0,26	0,13
18	0,49	6,86	1,70	14,14	3,50	0,08	0,36	0,13
19	0,53	8,53	1,64	16,03	3,08	0,14	0,34	0,11
20	0,50	7,59	1,48	15,26	2,97	0,13	0,30	0,11
21	0,33	4,30	1,18	13,20	3,63	0,08	0,16	0,08
22	0,33	4,99	1,05	15,20	3,21	0,11	0,22	0,10



Tabela 9 – Relação entre os indicadores

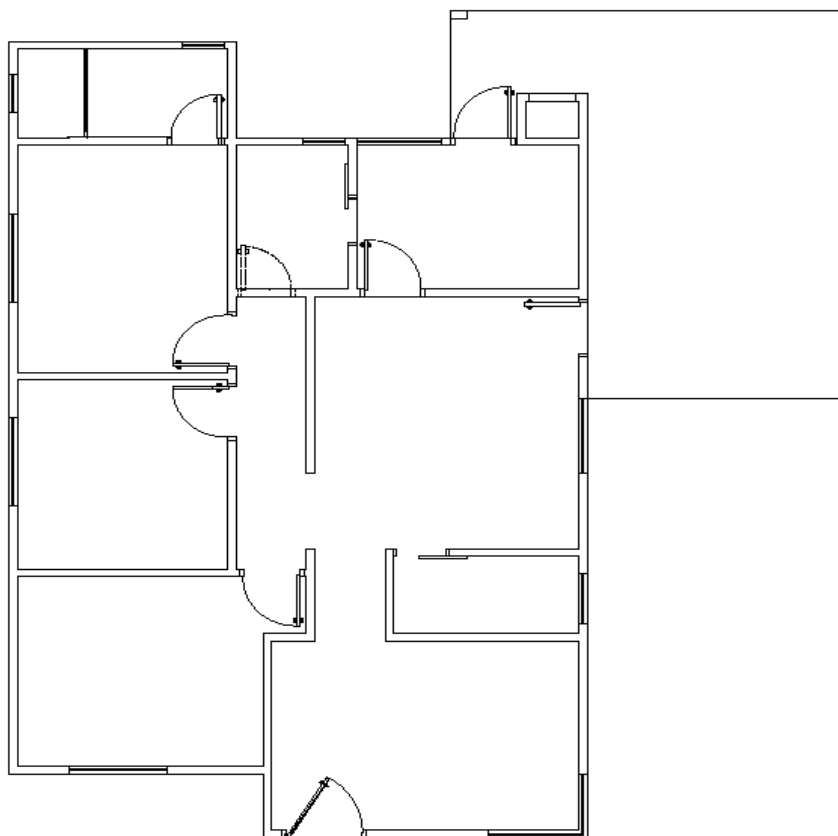
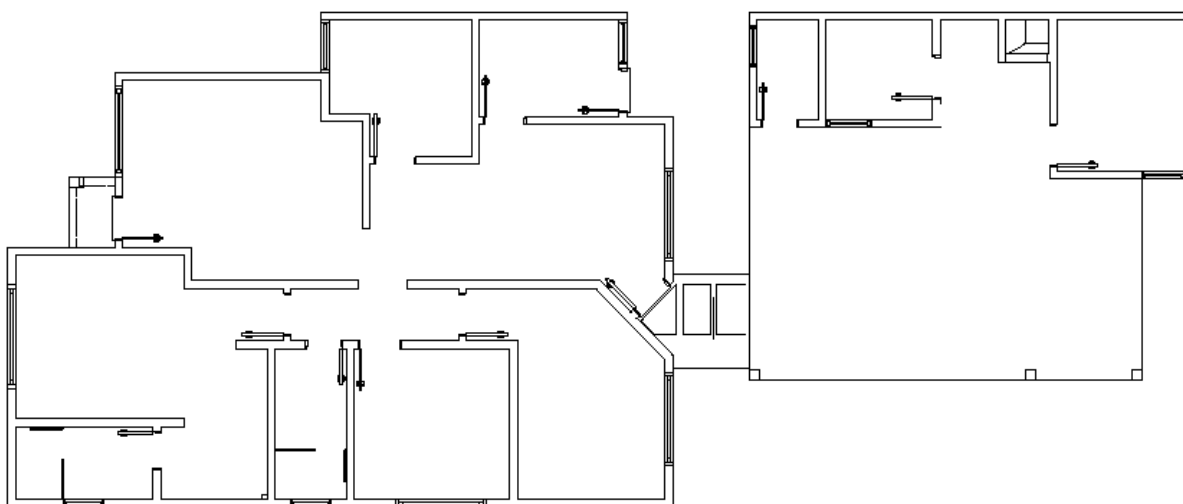
(continua)

Projetos	pontos/ m <sup>2</sup>	m de fios/ m <sup>2</sup>	m de eletrodutos/m <sup>2</sup>	m de fios/ pontos	m de eletrodutos/pontos	Inter./m <sup>2</sup>	Tomadas/m <sup>2</sup>	Lumin./m <sup>2</sup>
23	0,45	5,76	1,28	12,89	2,87	0,11	0,23	0,13
24	0,50	6,43	1,38	12,91	2,77	0,10	0,35	0,14
25	0,58	6,71	1,65	11,50	2,83	0,14	0,27	0,19
26	0,48	6,45	1,40	13,35	2,91	0,12	0,34	0,13
27	0,54	6,64	1,40	12,29	2,60	0,13	0,38	0,15
28	0,60	7,69	1,61	12,78	2,67	0,13	0,39	0,17
29	0,45	5,69	1,15	12,69	2,56	0,12	0,32	0,10
30	0,57	6,37	1,56	11,22	2,75	0,18	0,30	0,13
31	0,47	5,33	1,37	11,29	2,91	0,15	0,27	0,15
32	0,54	6,30	1,58	11,58	2,91	0,10	0,34	0,10
33	0,58	6,06	1,47	10,40	2,53	0,12	0,32	0,15
34	0,73	7,88	2,01	10,75	2,74	0,16	0,40	0,16
35	0,63	6,52	1,56	10,32	2,47	0,14	0,33	0,16
36	0,61	6,63	1,60	10,90	2,63	0,12	0,33	0,17
37	0,42	4,79	1,28	11,46	3,06	0,08	0,23	0,11
38	0,51	5,55	1,45	10,97	2,87	0,09	0,30	0,12
39	0,39	5,60	1,28	14,31	3,26	0,09	0,24	0,10
40	0,55	6,36	1,55	11,54	2,81	0,11	0,31	0,13
41	0,58	7,17	1,86	12,32	3,20	0,17	0,29	0,15
42	0,57	7,51	1,42	13,10	2,48	0,16	0,32	0,16
43	0,60	7,54	1,73	12,65	2,91	0,14	0,34	0,18
44	0,48	5,58	1,32	11,64	2,75	0,11	0,25	0,14
45	0,48	5,78	1,38	12,06	2,87	0,13	0,21	0,13
46	-	-	-	-	-	-	-	-
47	-	-	-	-	-	-	-	-
48	0,59	7,39	1,78	12,51	3,01	0,16	0,26	0,19

Tabela 9 – Relação entre os indicadores

(conclusão)

Projetos	pontos/ m <sup>2</sup>	m de fios/ m <sup>2</sup>	m de eletrodutos/m <sup>2</sup>	m de fios/ pontos	m de eletrodutos/pontos	Inter./m <sup>2</sup>	Tomadas/m <sup>2</sup>	Lumin./m <sup>2</sup>
49	0,59	6,58	1,50	11,17	2,55	0,13	0,24	0,22
50	-	-	-	-	-	-	-	-
Média	0,53	6,37	1,49	12,16	2,83	0,12	0,32	0,15
D. Padrão	0,08	0,89	0,19	1,42	0,26	0,03	0,07	0,03
C. Variação	15,84	14,02	12,96	11,71	9,25	22,01	20,65	23,67

**APÊNDICE D – Plantas baixas dos projetos utilizados****Figura 25 – Projeto 1****Figura 26 – Projeto 2**

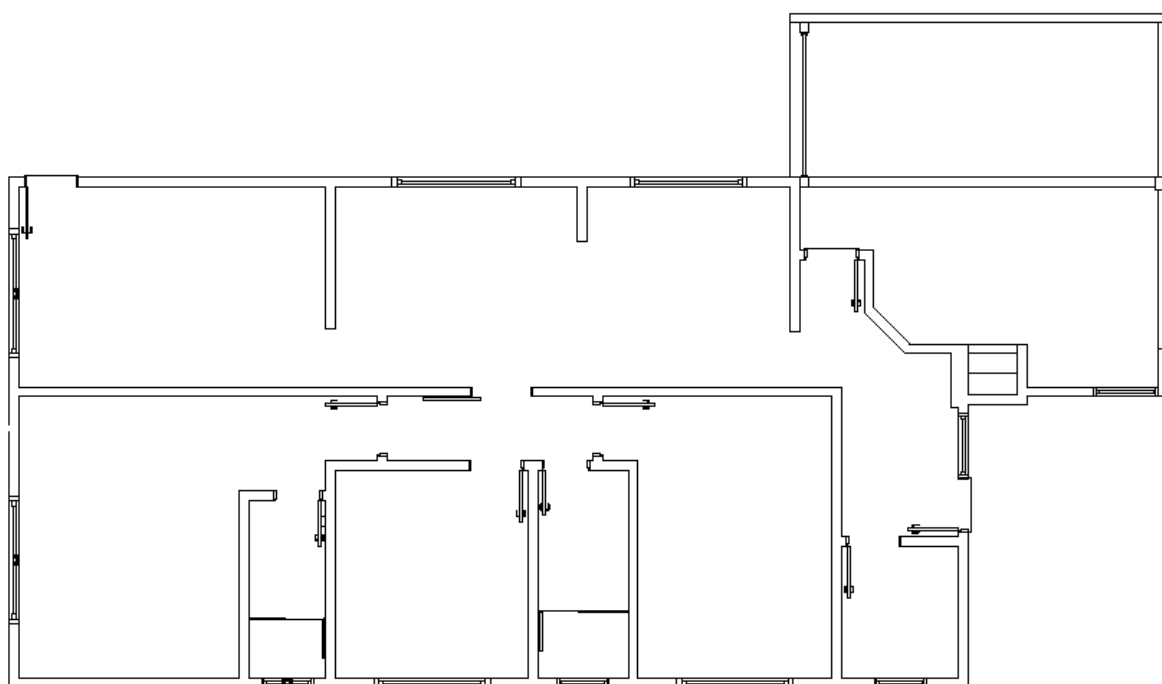


Figura 27 – Projeto 3

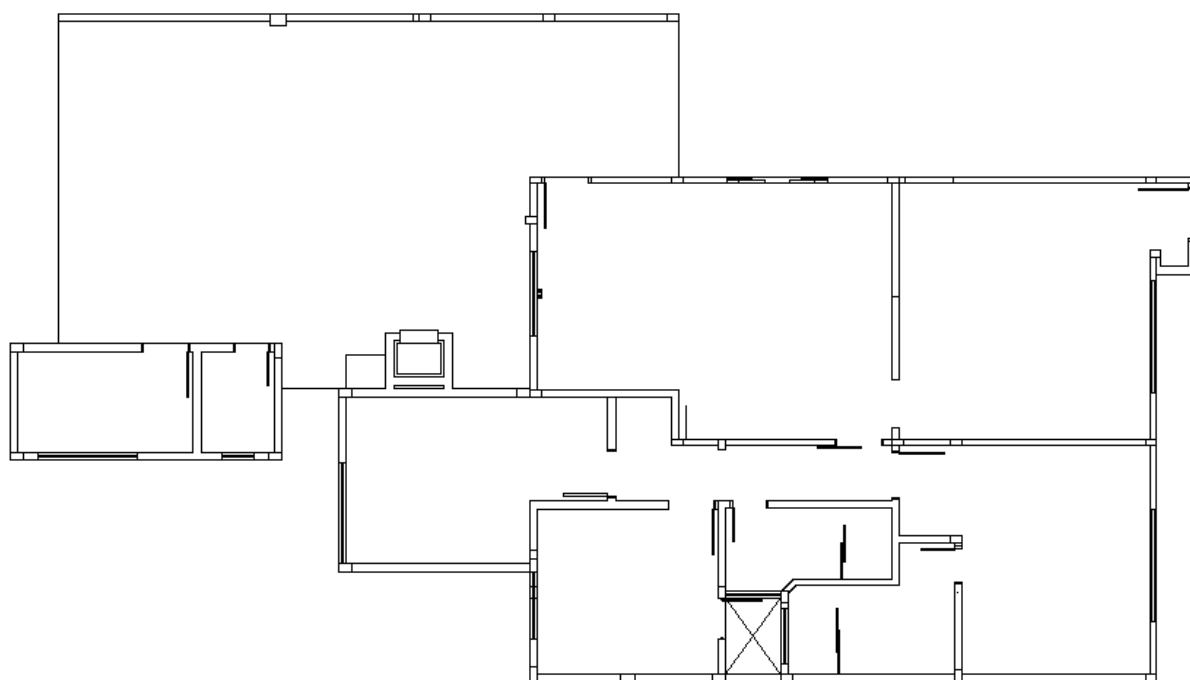


Figura 28 – Projeto 4

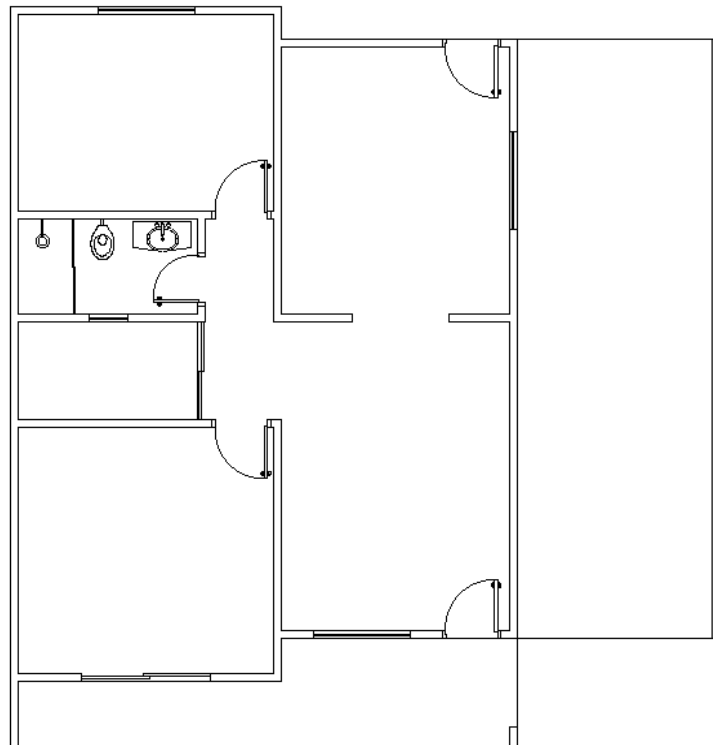


Figura 29 – Projeto 5

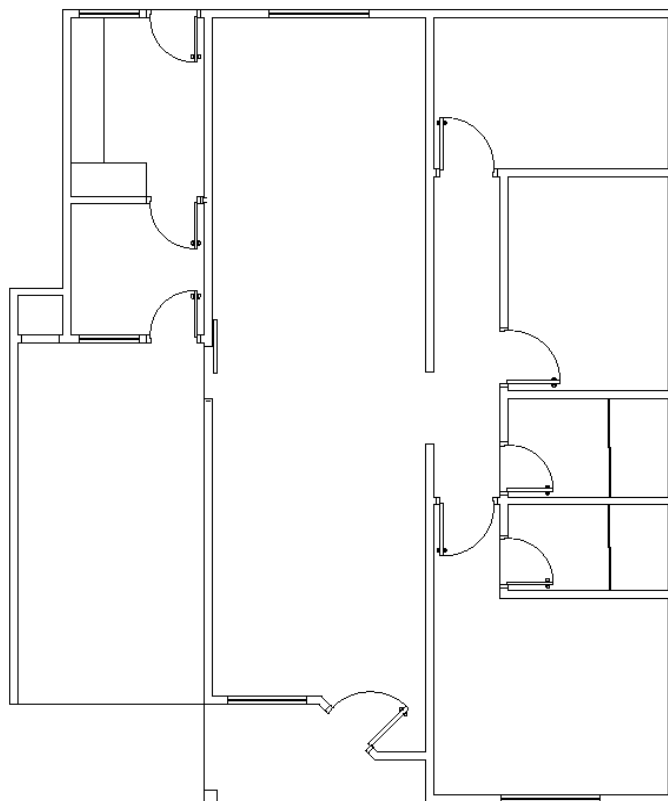


Figura 30 – Projeto 6

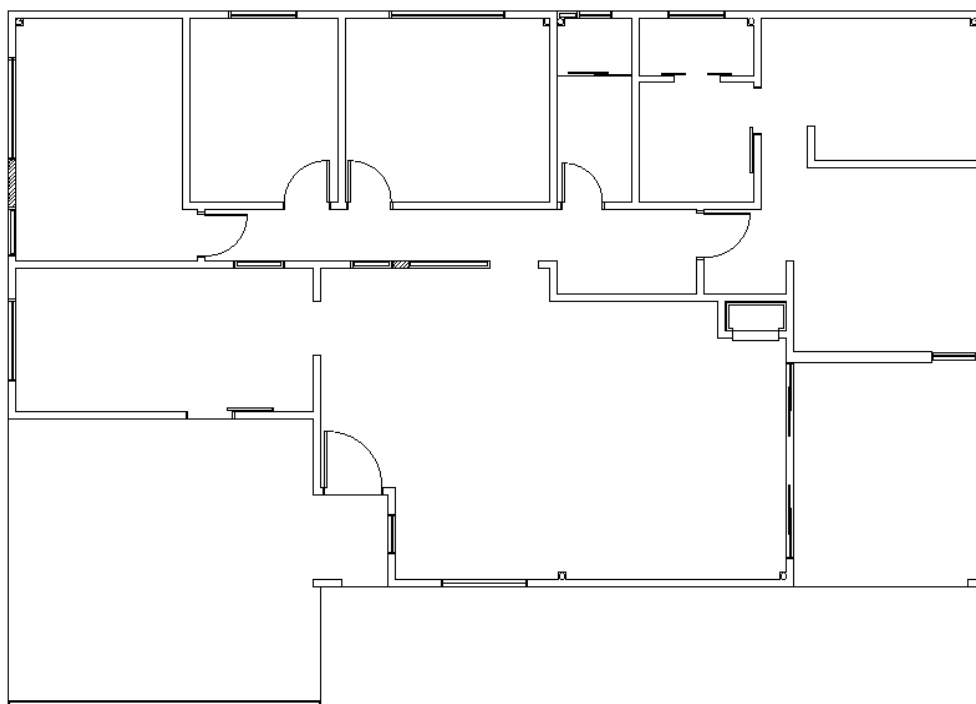


Figura 31 – Projeto 7

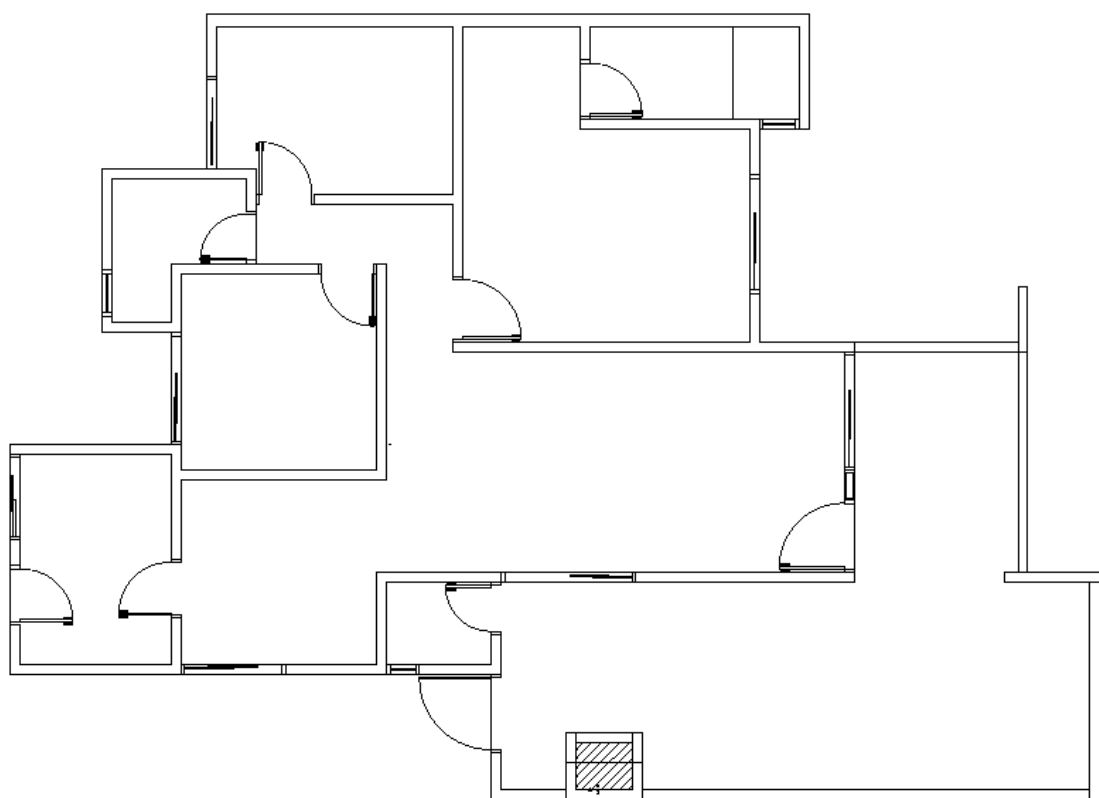


Figura 32 – Projeto 8

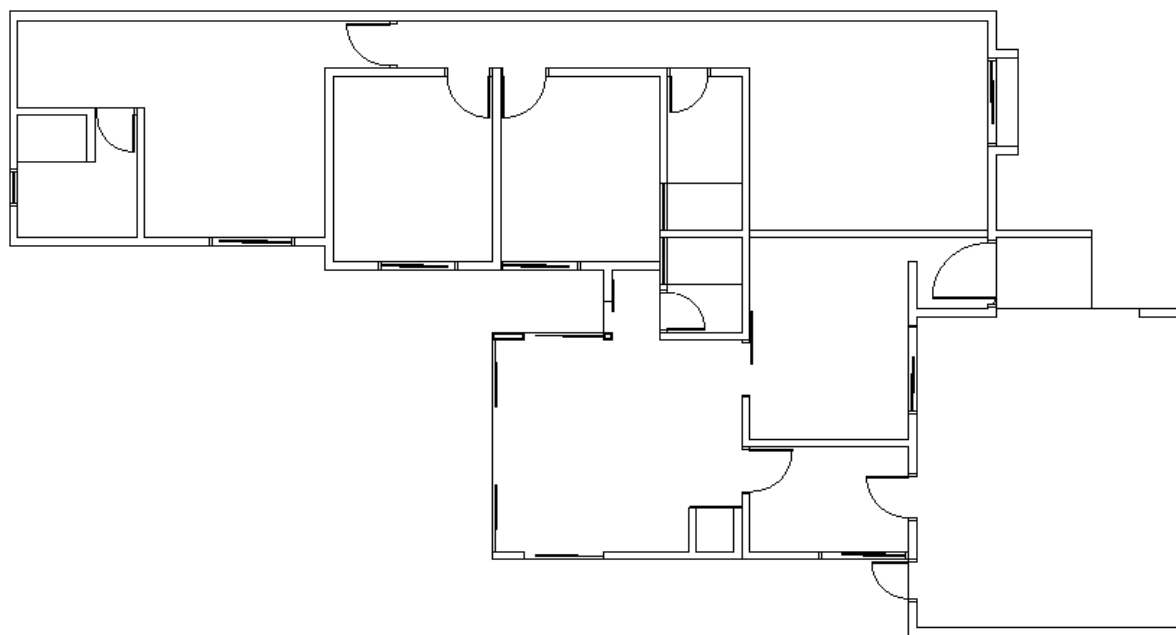


Figura 33 – Projeto 9

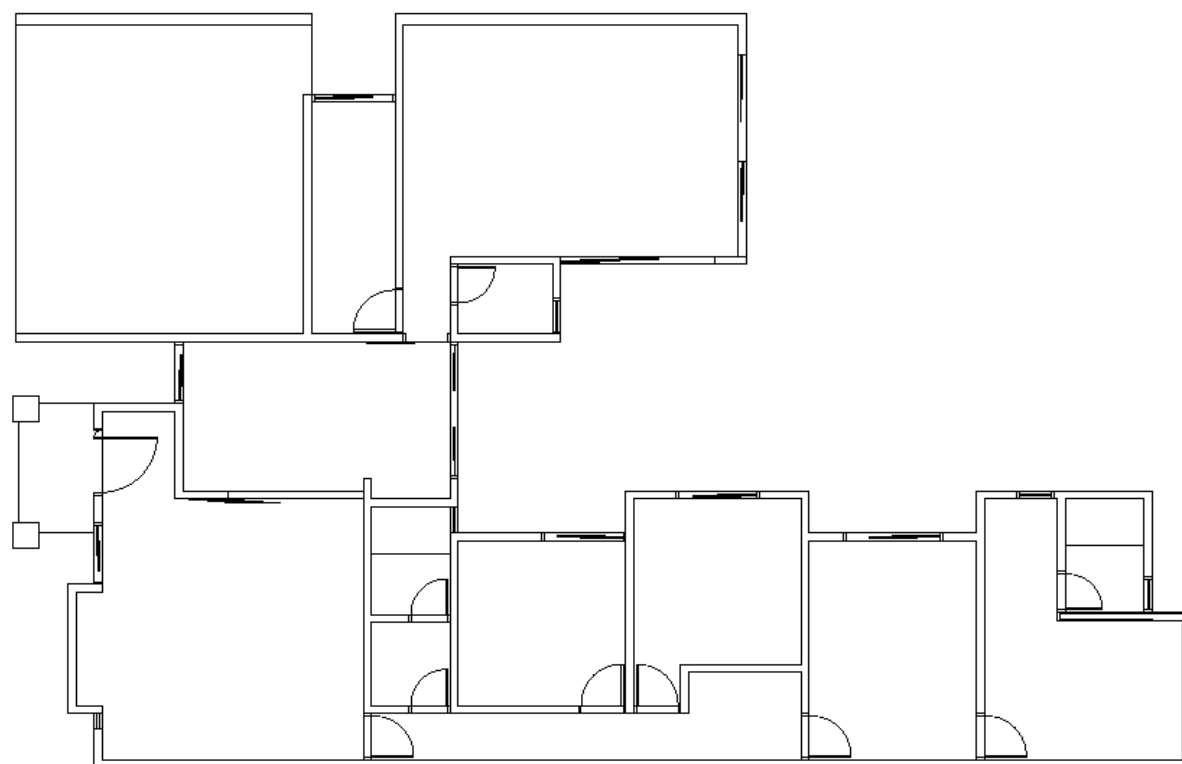


Figura 34 – Projeto 10

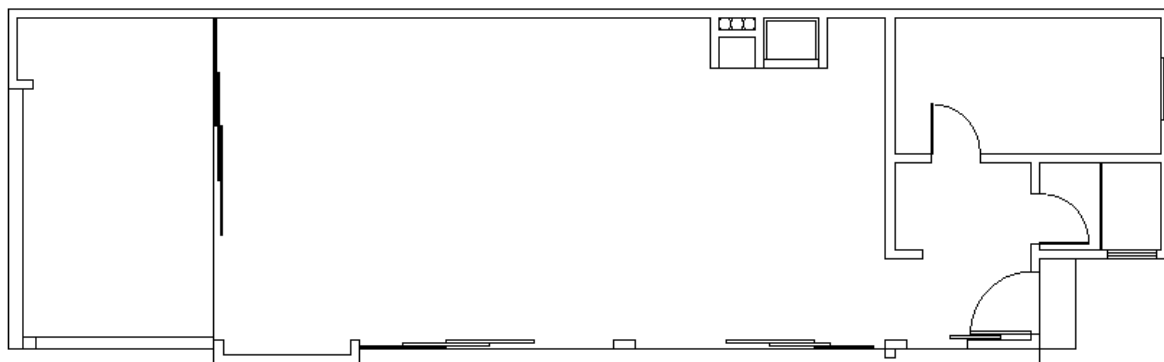


Figura 35 – Projeto 11

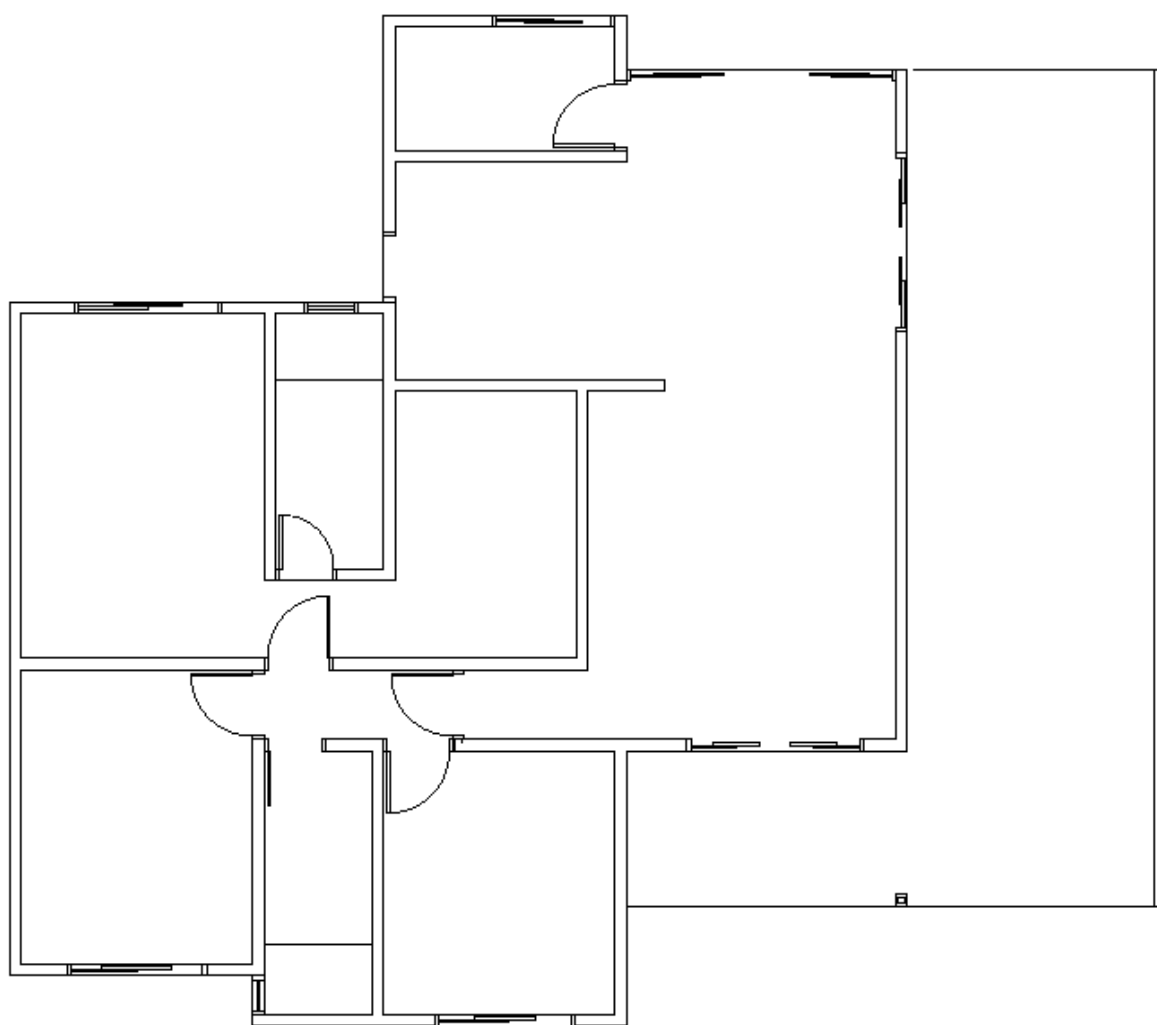


Figura 36 – Projeto 12



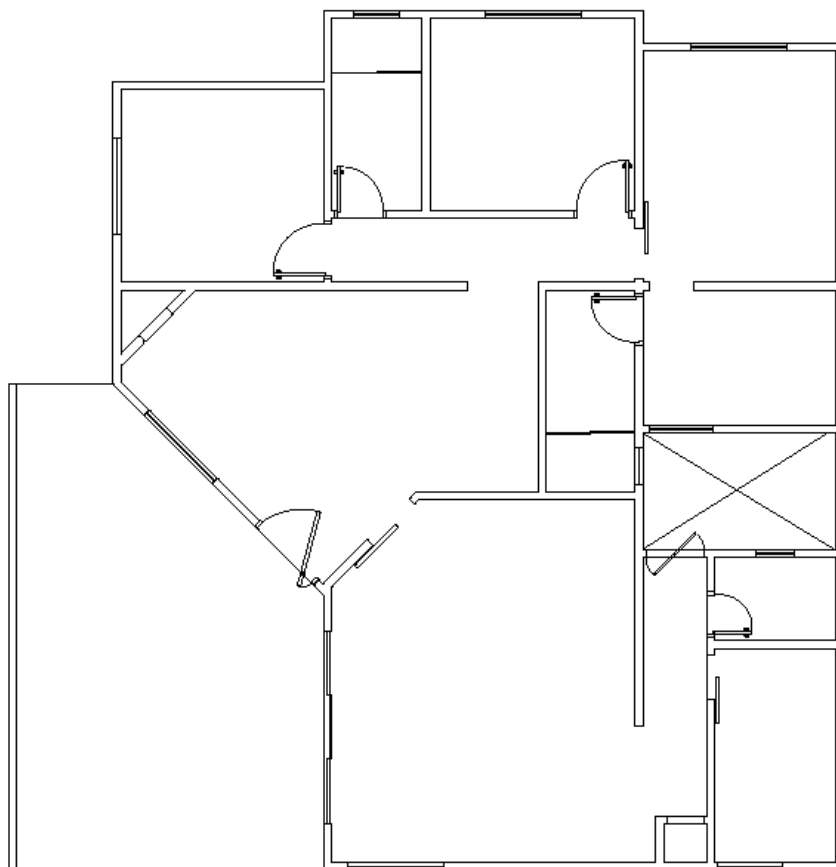


Figura 37 – Projeto 13

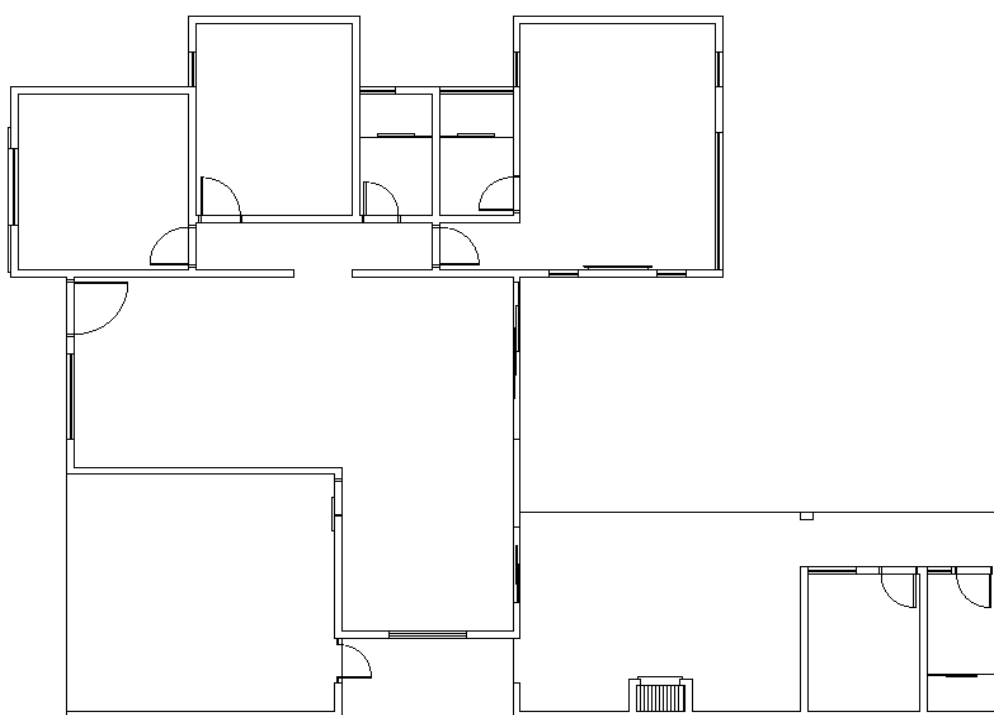
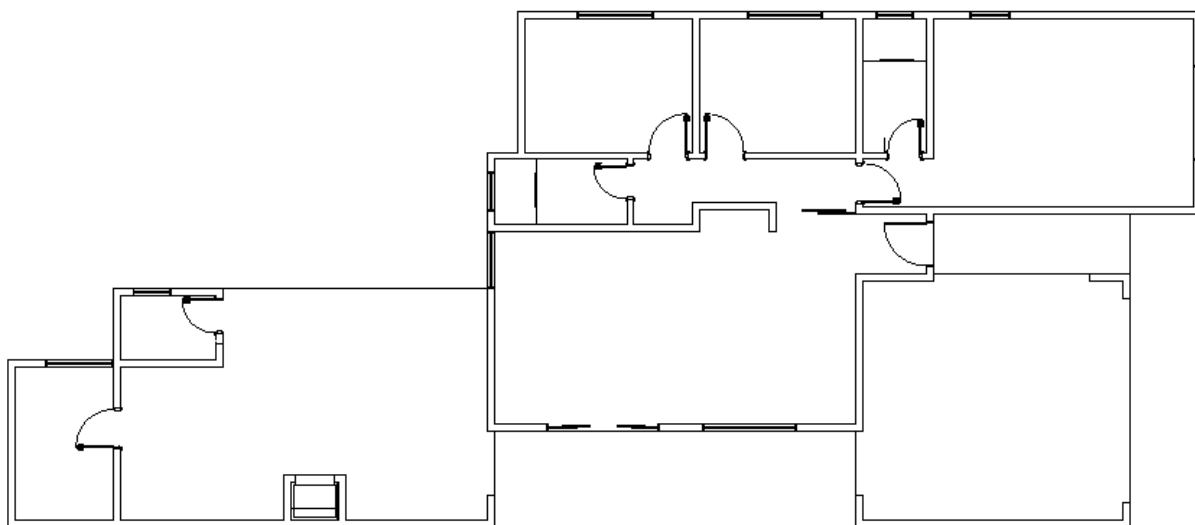
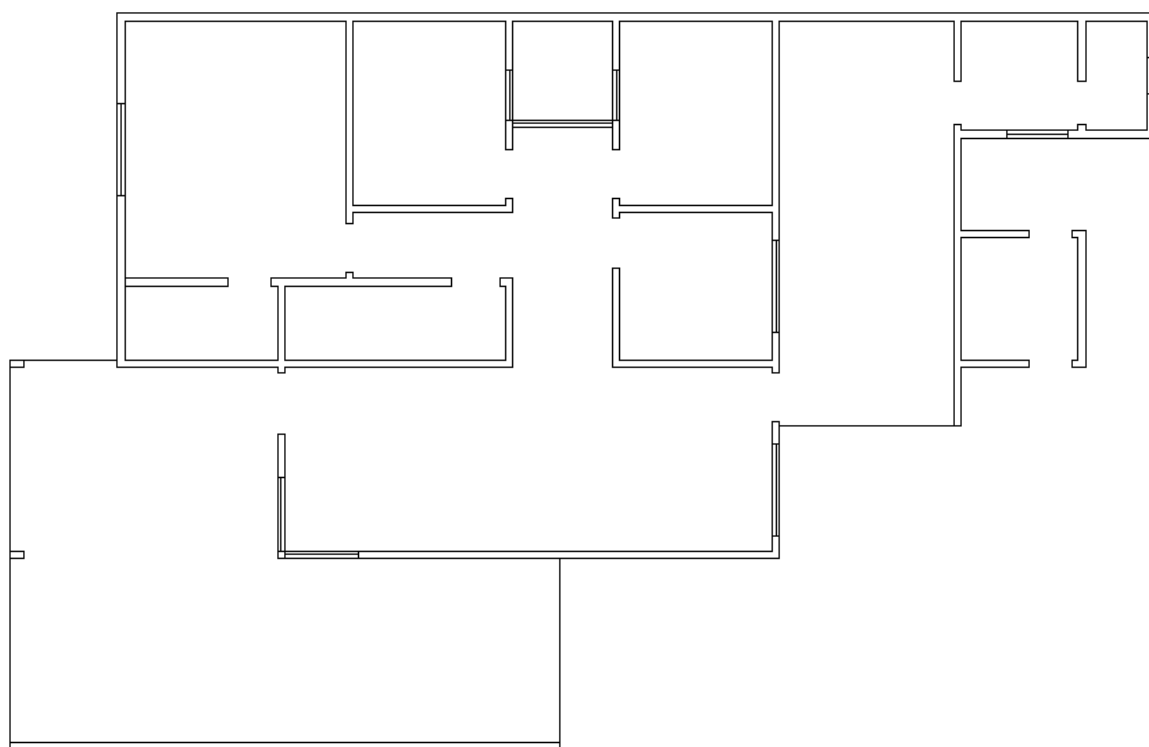


Figura 38 – Projeto 14



**Figura 39 – Projeto 15**



**Figura 40 – Projeto 16**

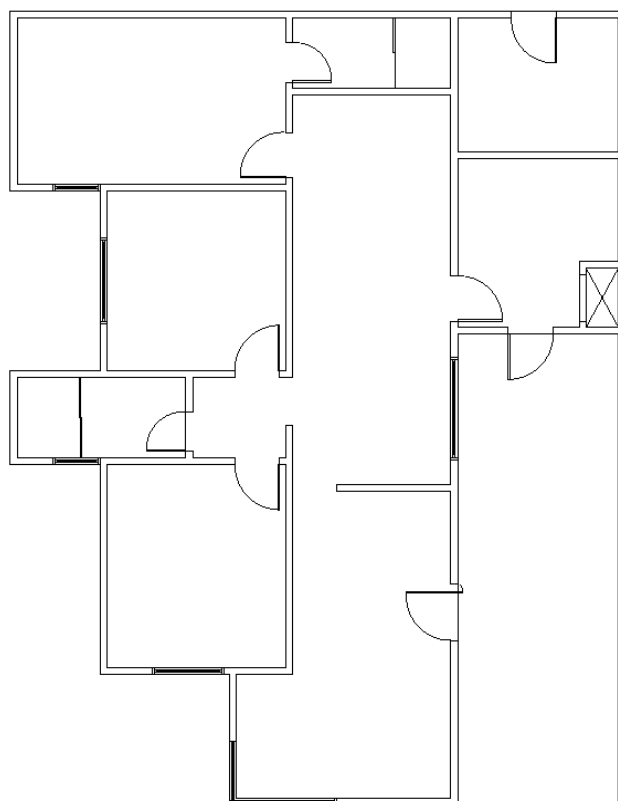
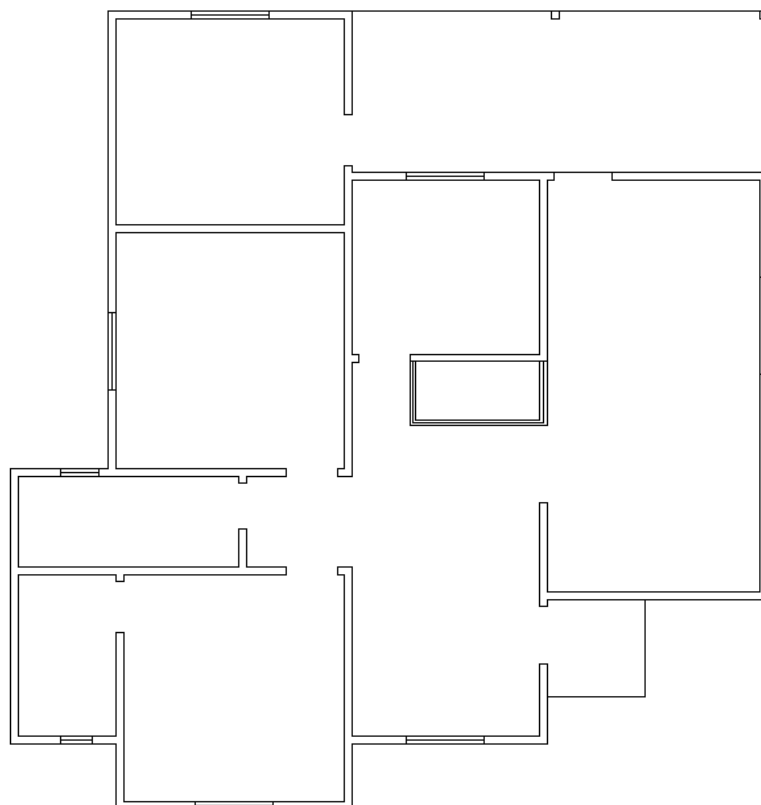
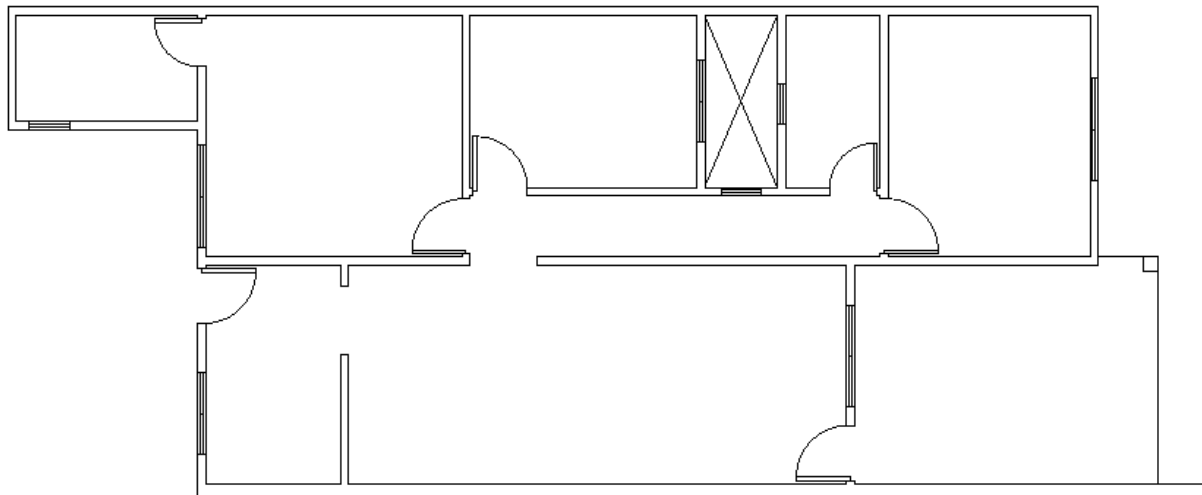
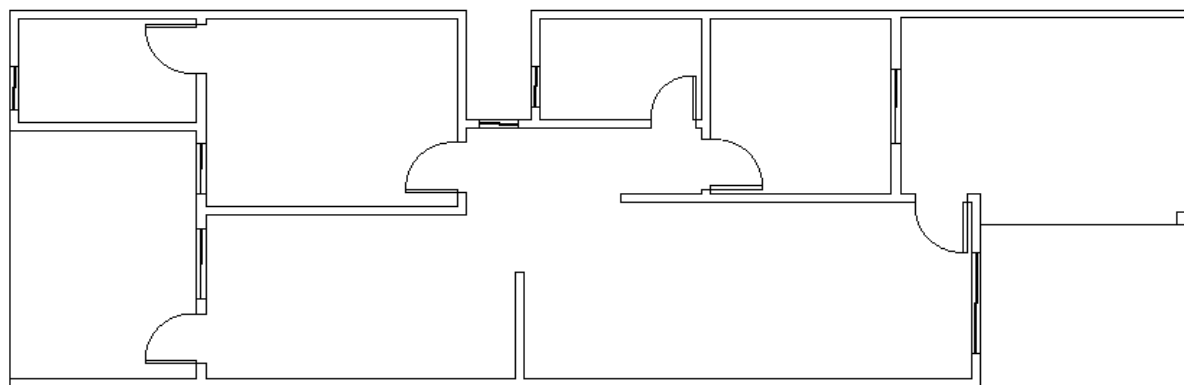
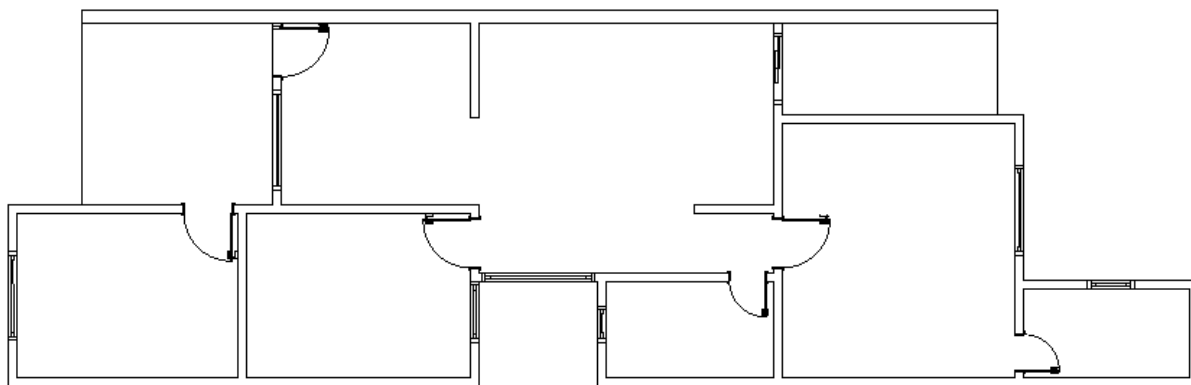
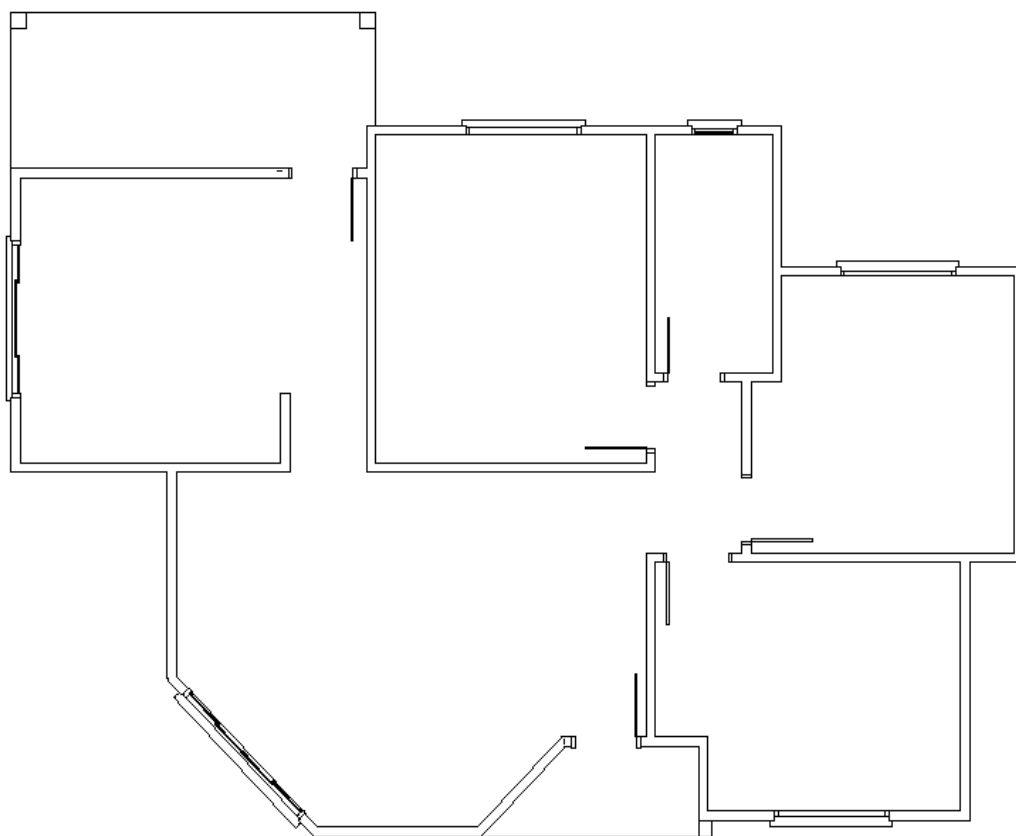


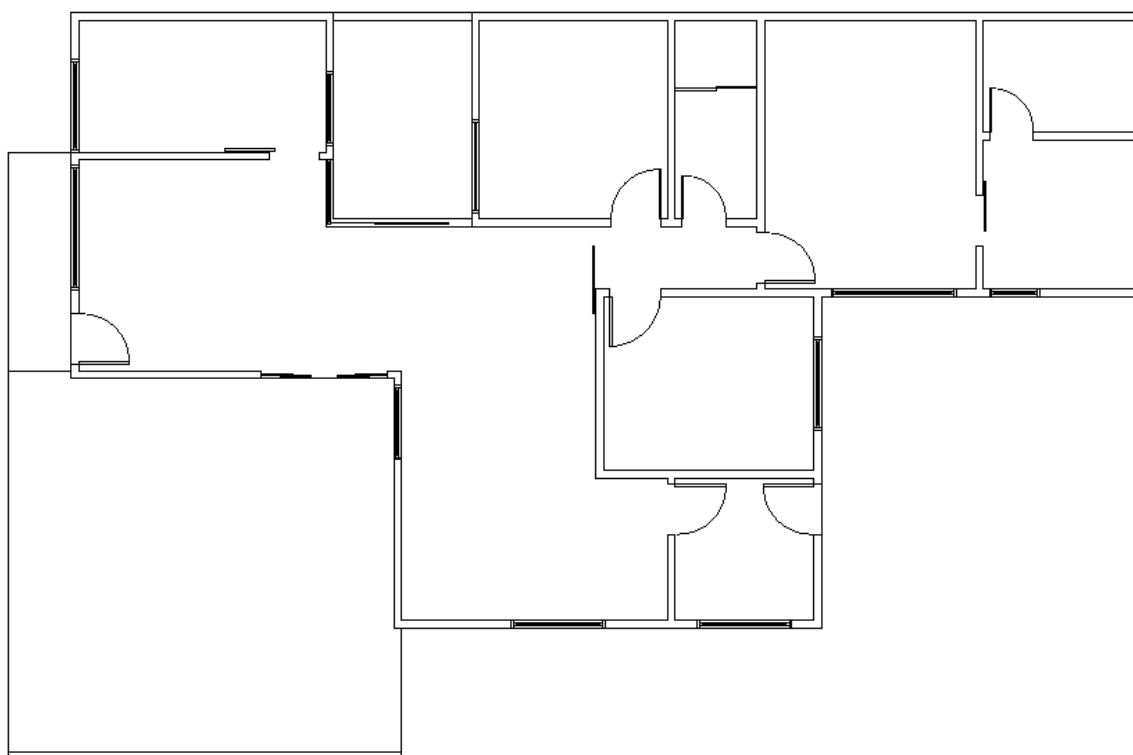
Figura 41 – Projeto 17



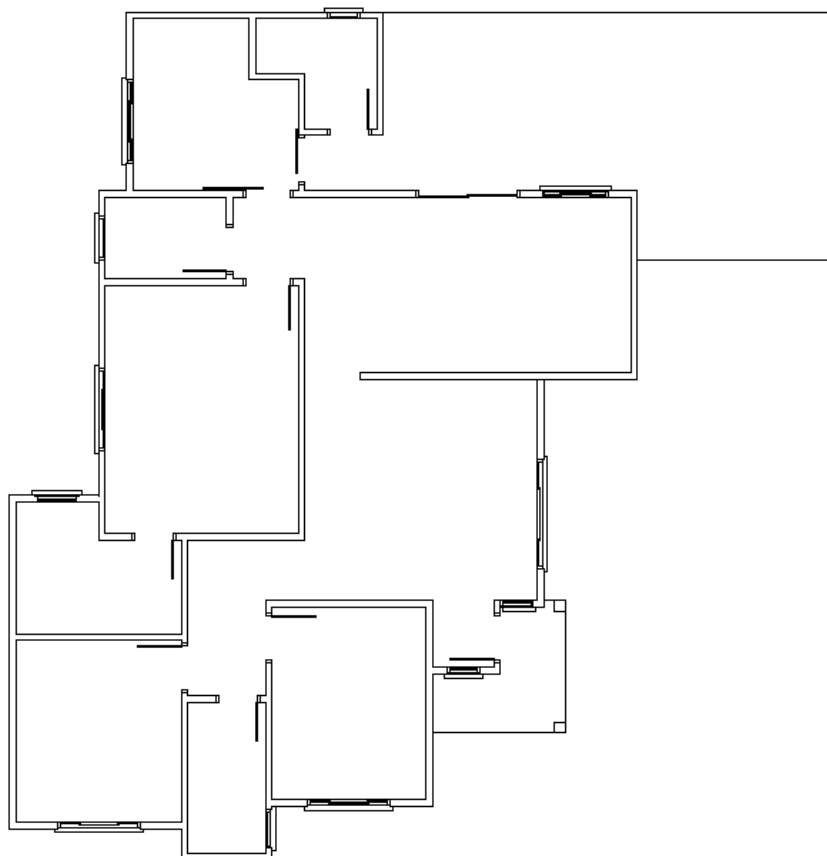
**Figura 42 – Projeto 18****Figura 43 – Projeto 19****Figura 44 – Projeto 20****Figura 45 – Projeto 21**



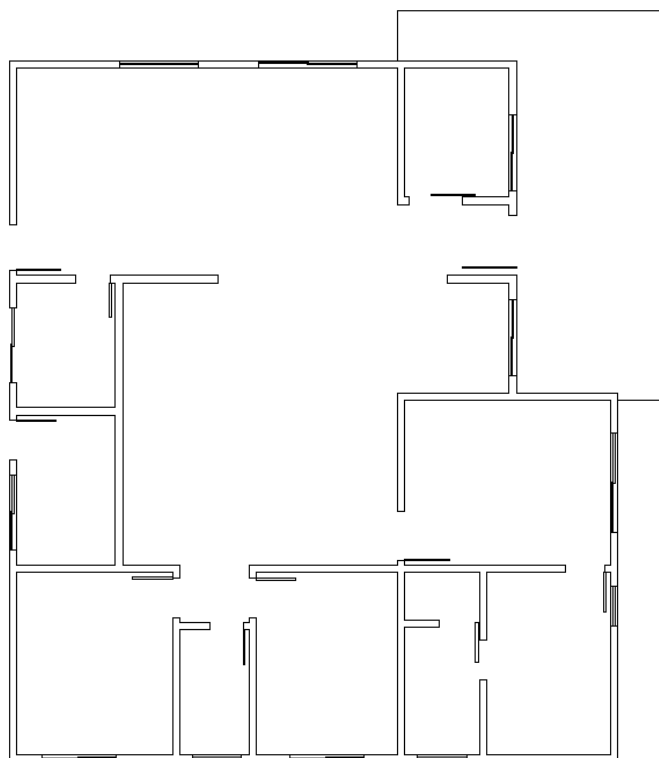
**Figura 46 – Projeto 22**



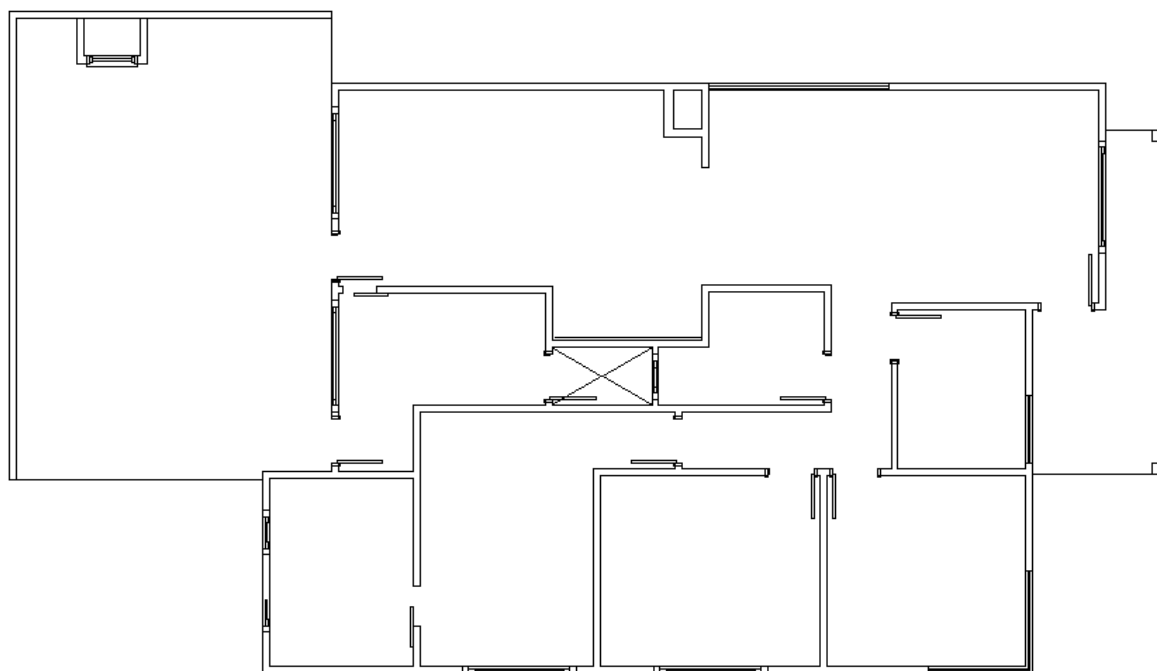
**Figura 47 – Projeto 23**



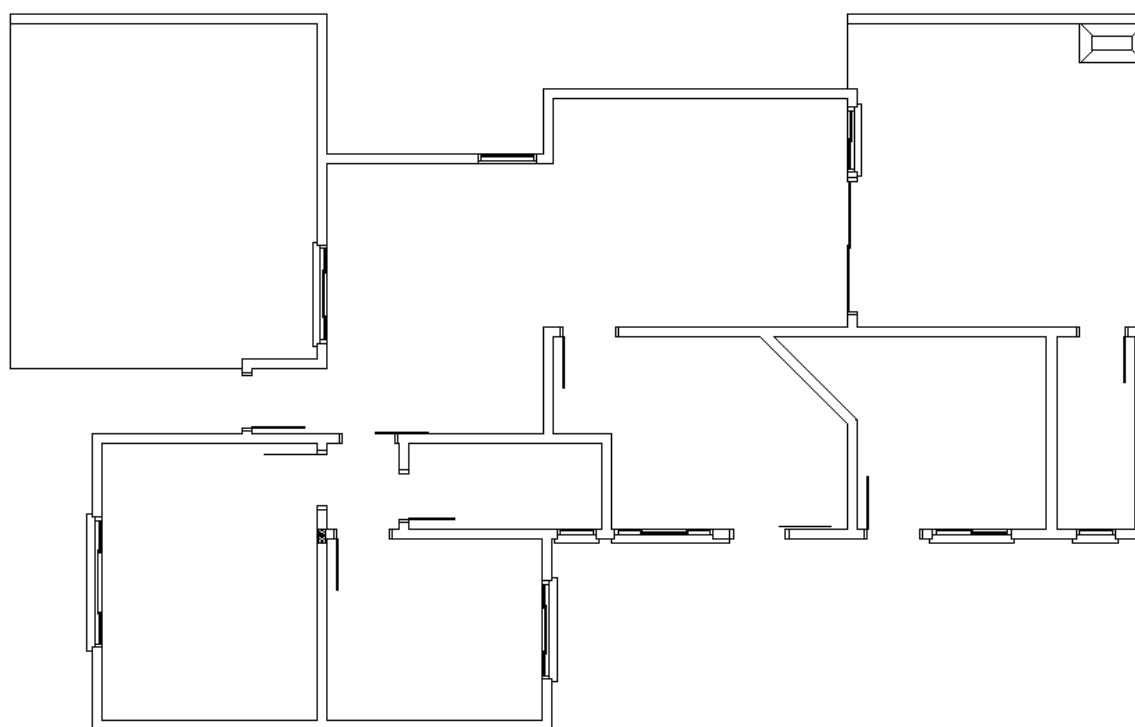
**Figura 48 – Projeto 24**



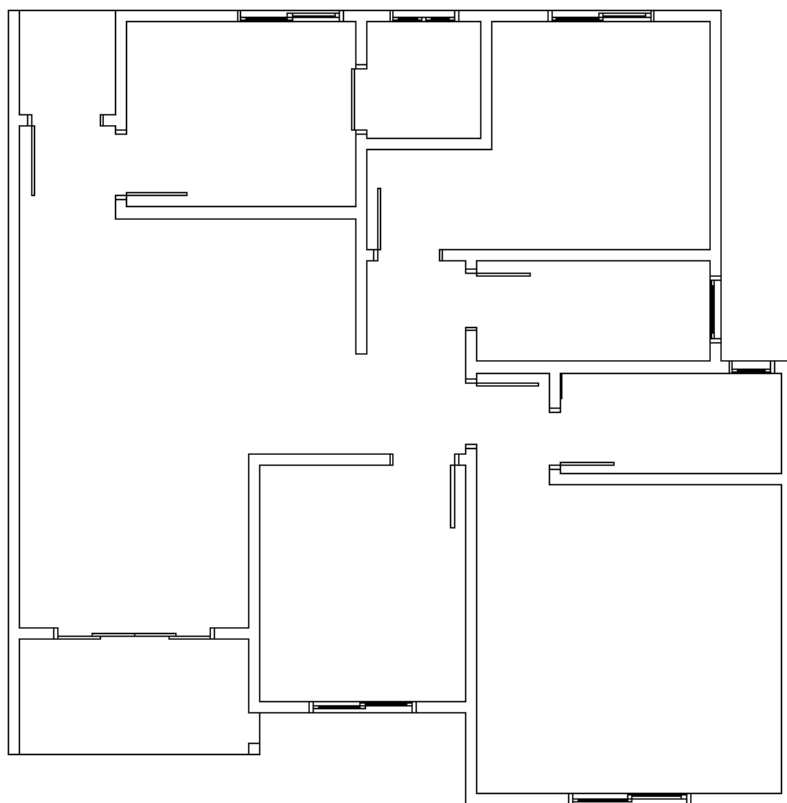
**Figura 49 – Projeto 25**



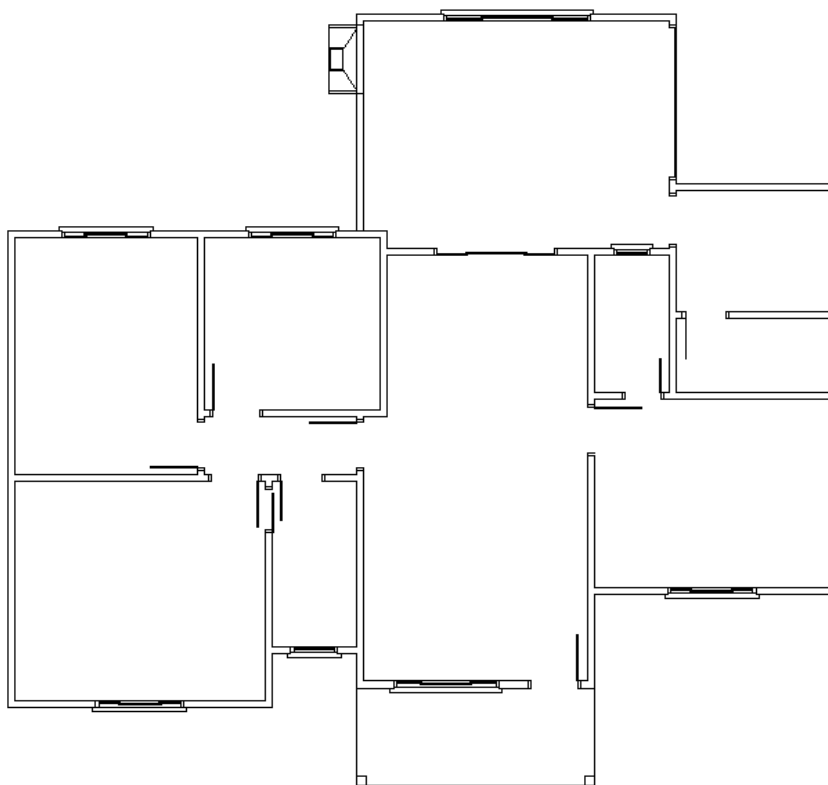
**Figura 50 – Projeto 26**



**Figura 51 – Projeto 27**

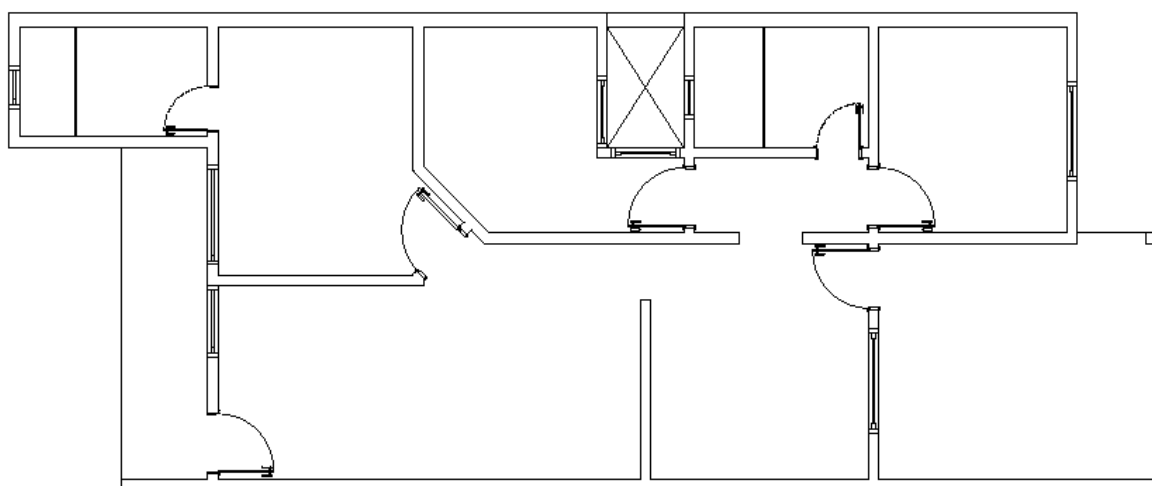


**Figura 52 – Projeto 28**

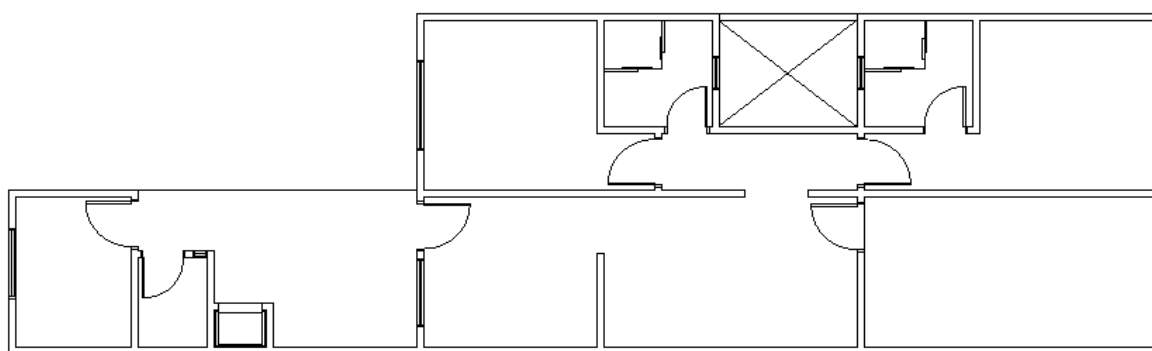


**Figura 53 – Projeto 29**

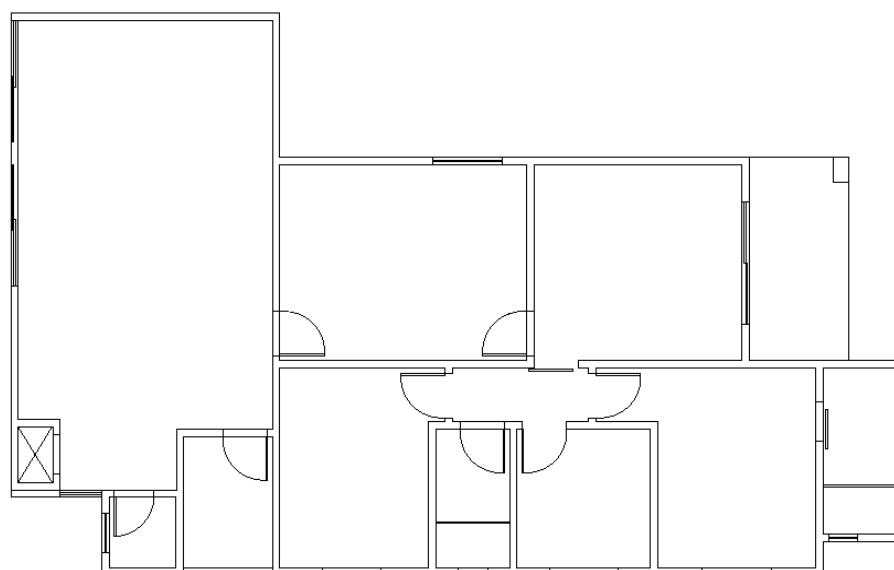




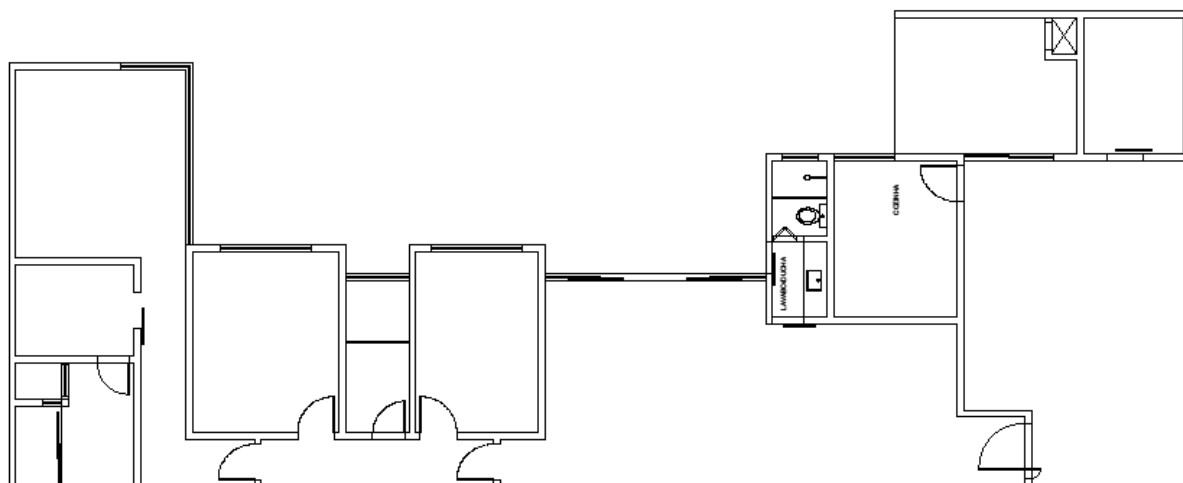
**Figura 54 – Projeto 30**



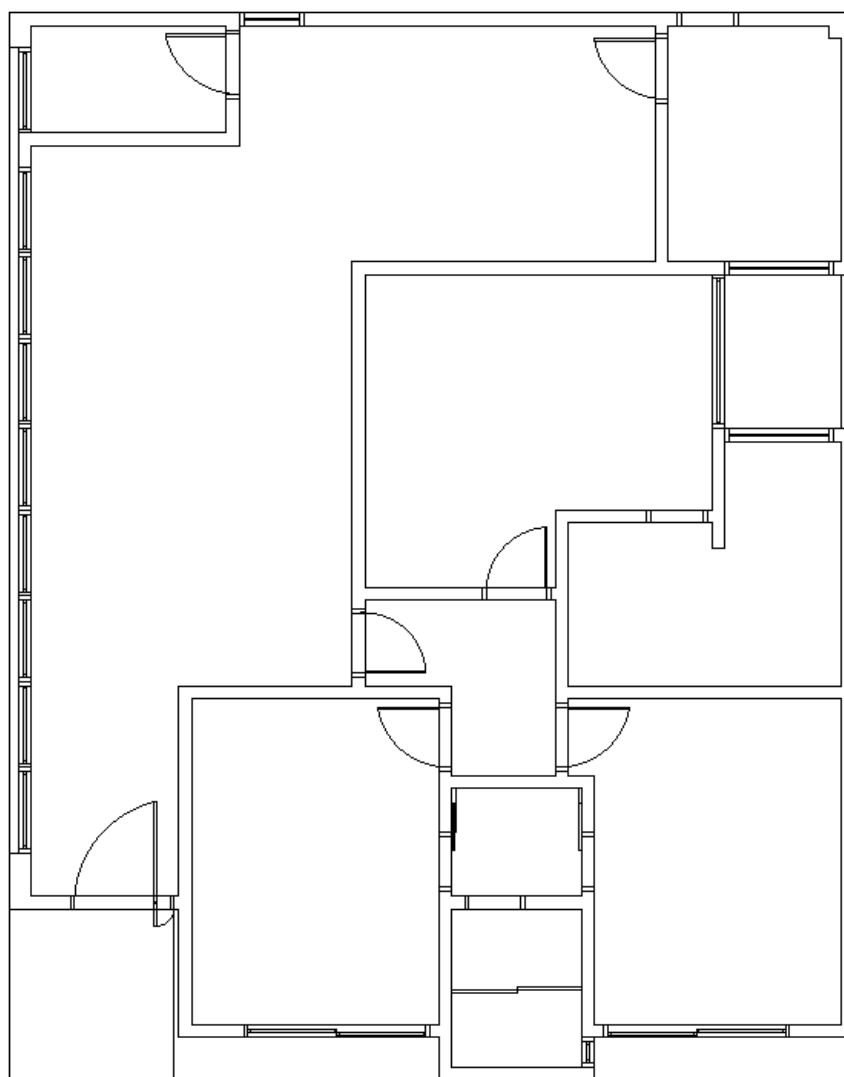
**Figura 55 – Projeto 31**



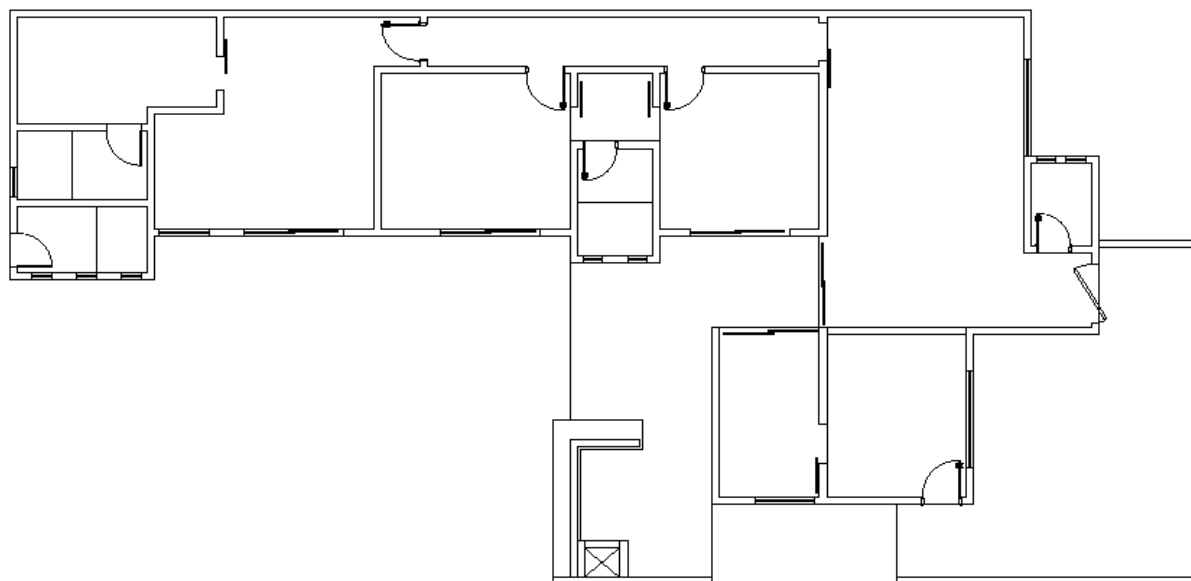
**Figura 56 – Projeto 32**



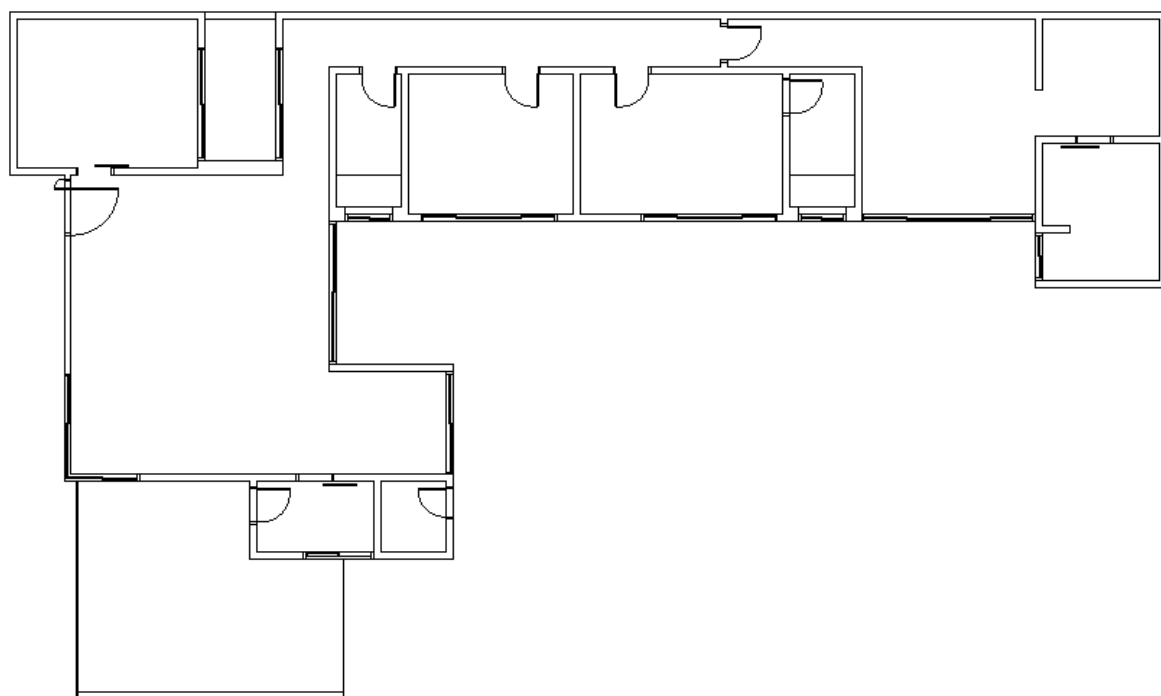
**Figura 57 – Projeto 33**



**Figura 58 – Projeto 34**



**Figura 59 – Projeto 35**



**Figura 60 – Projeto 36**

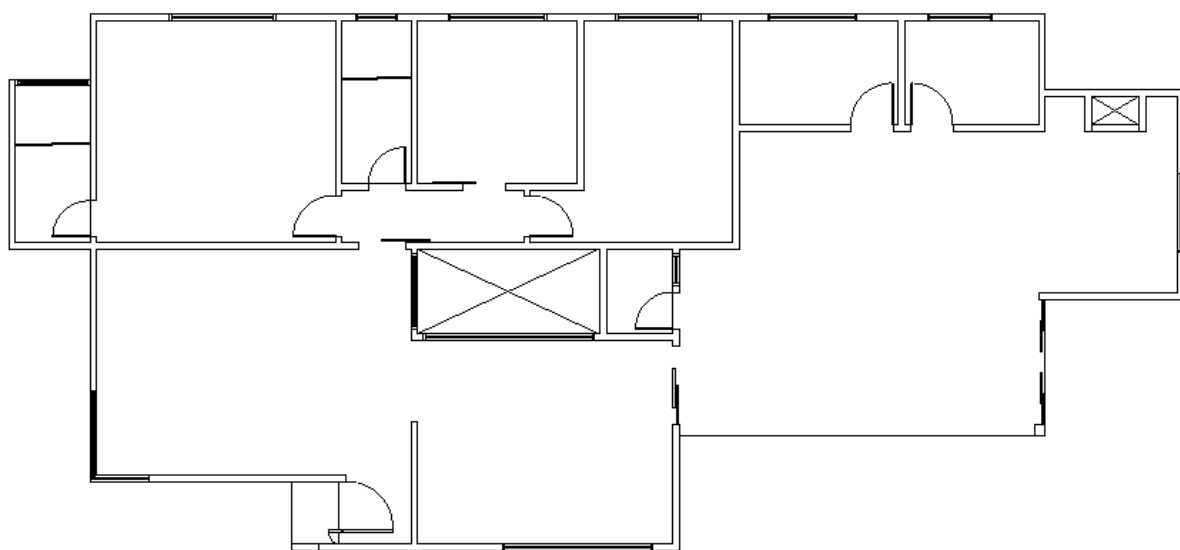


Figura 61 – Projeto 37

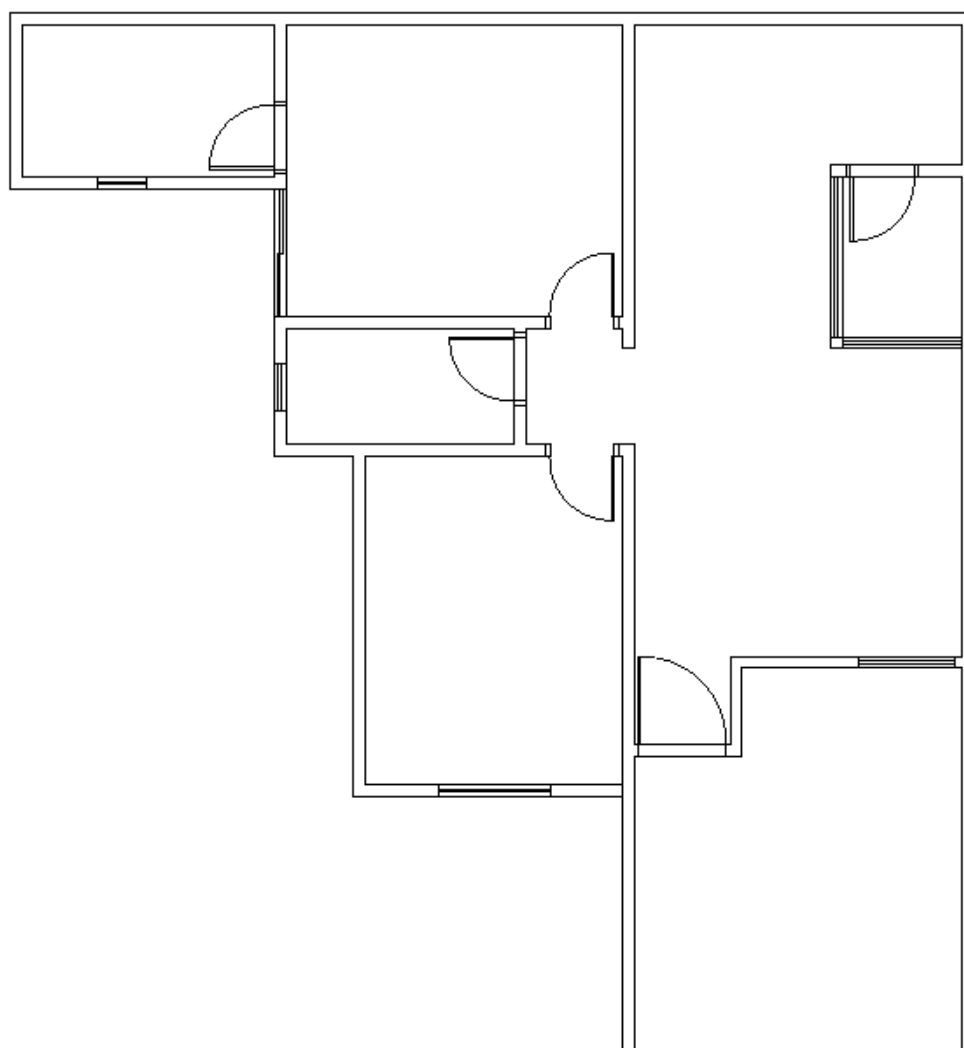
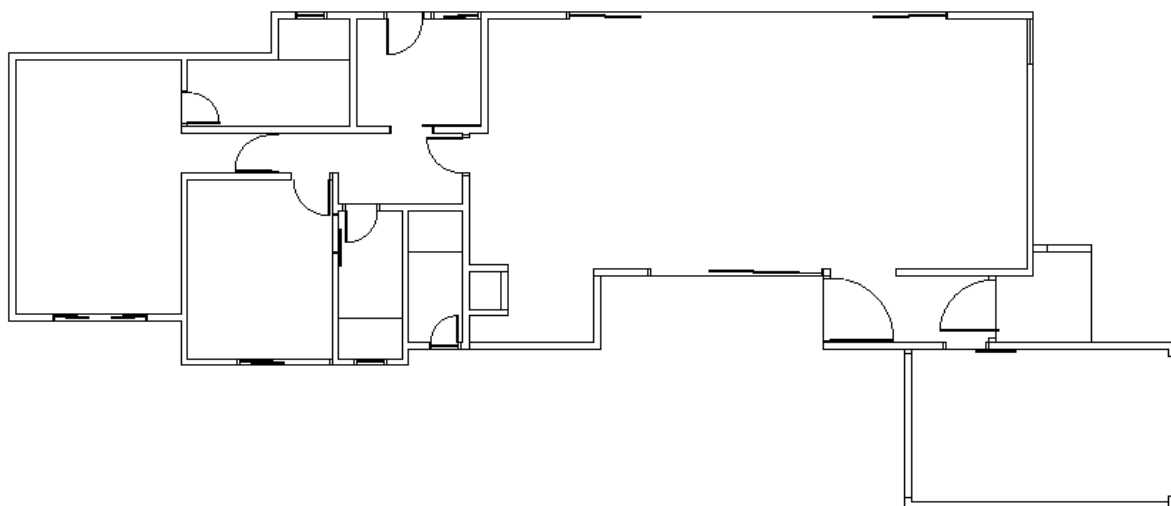
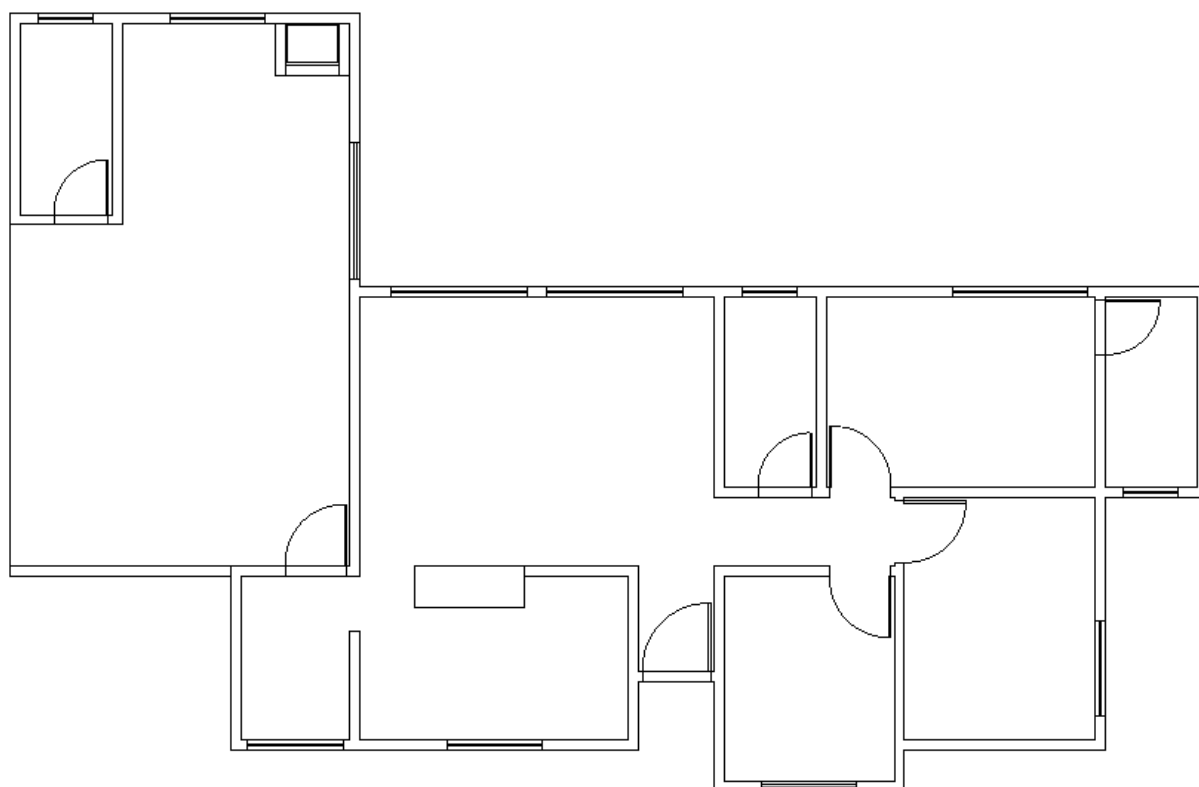


Figura 62 – Projeto 38



**Figura 63 – Projeto 39**



**Figura 64 – Projeto 40**

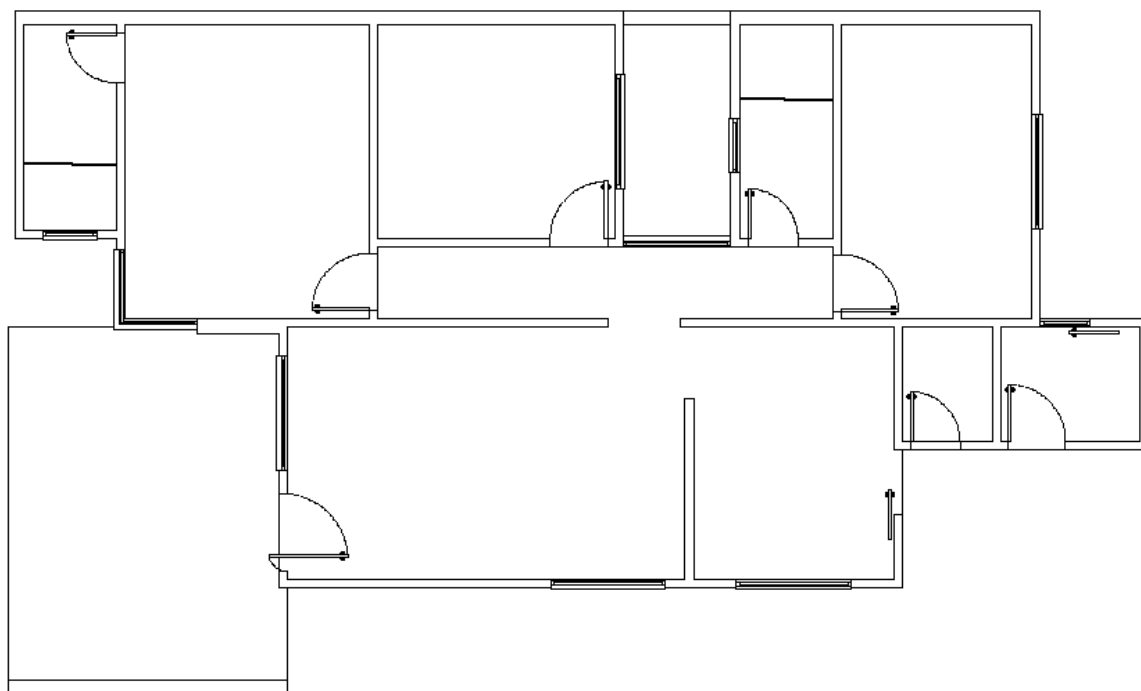


Figura 65 – Projeto 41

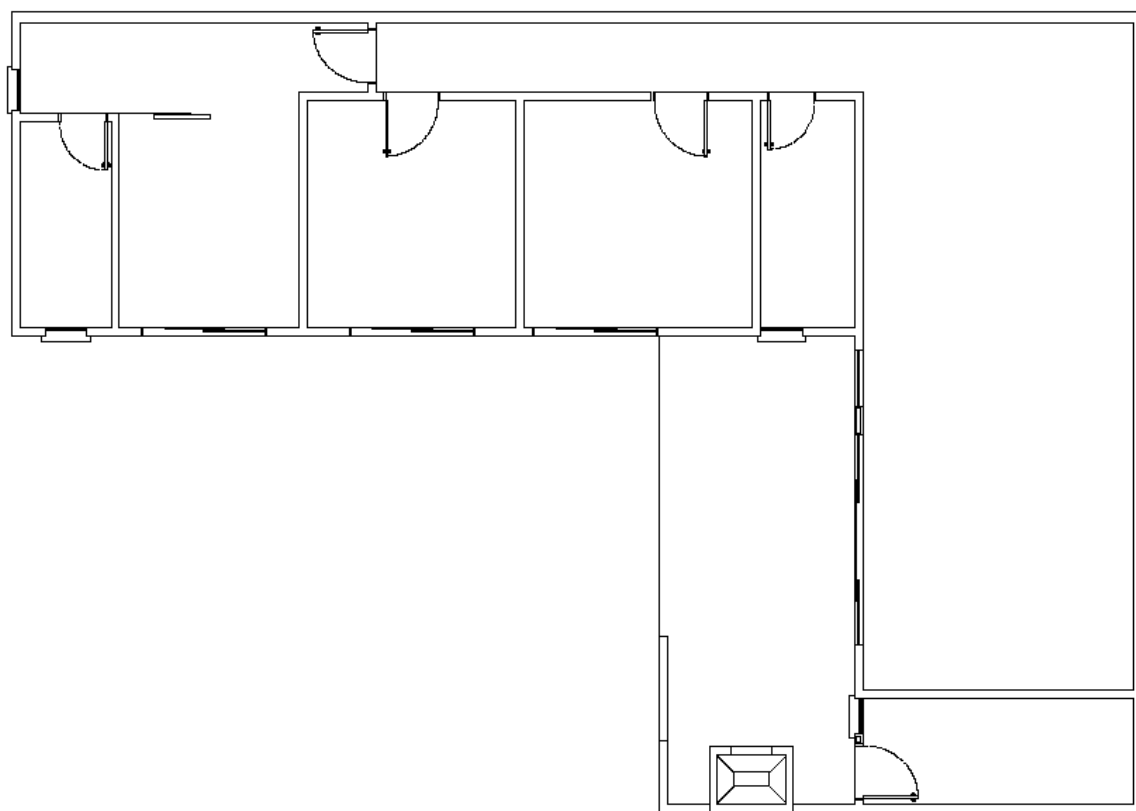


Figura 66 – Projeto 42

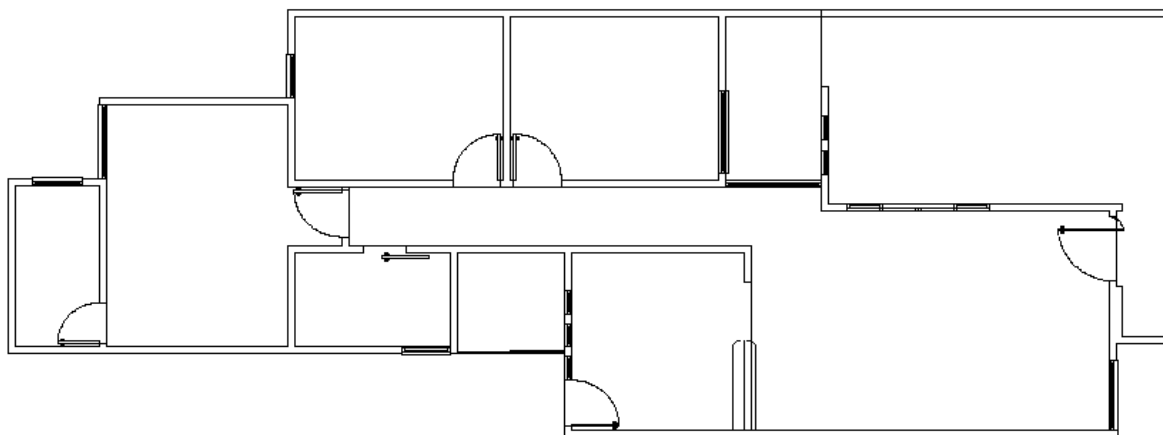


Figura 67 – Projeto 43

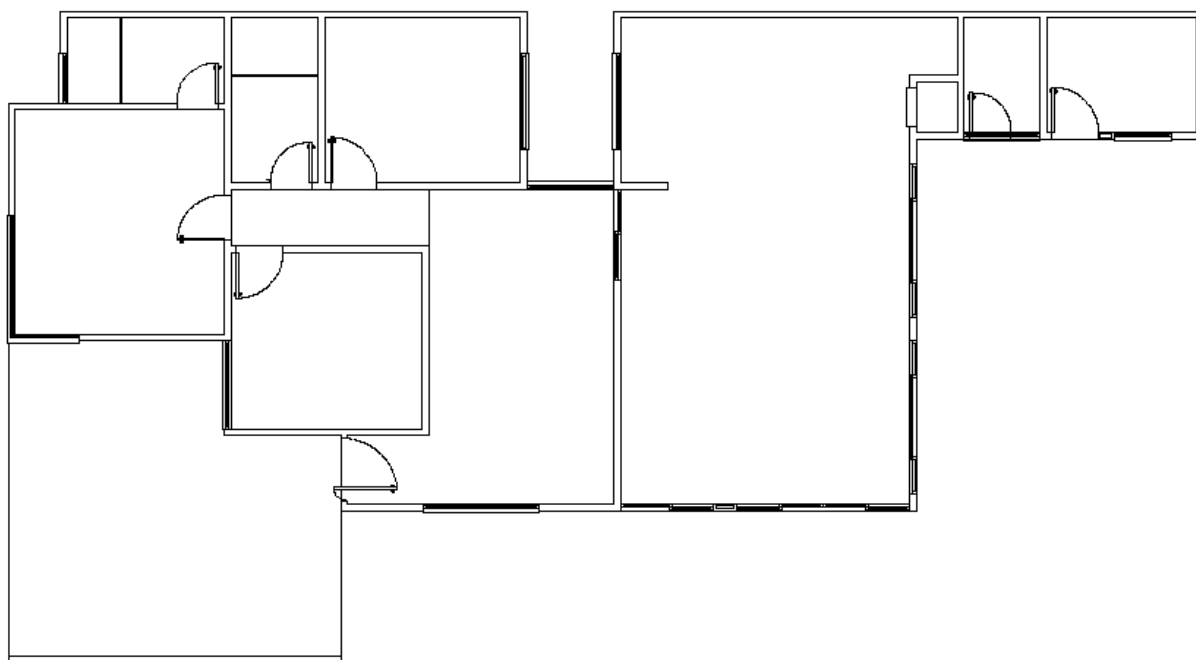


Figura 68 – Projeto 44

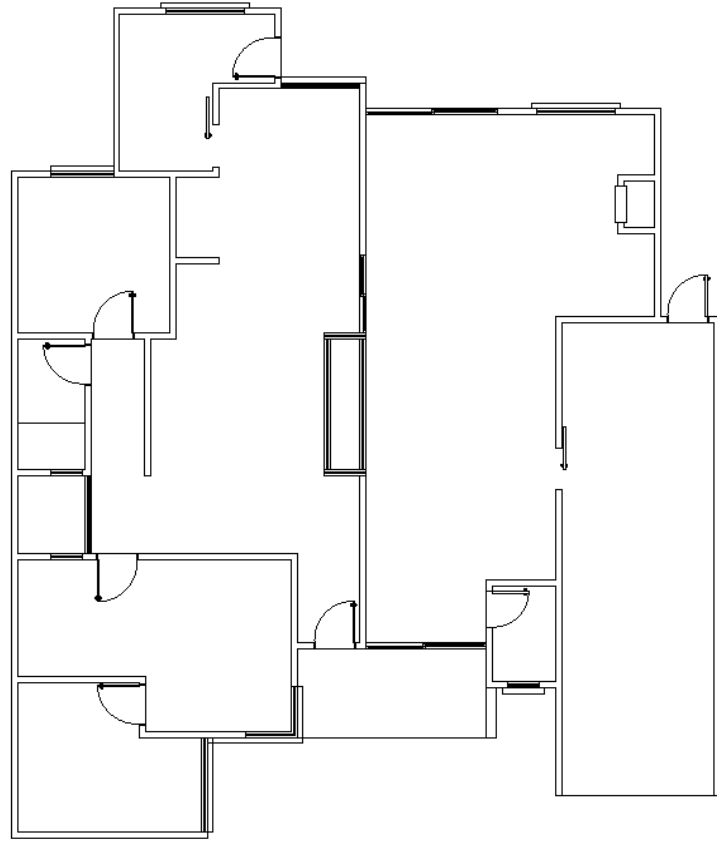
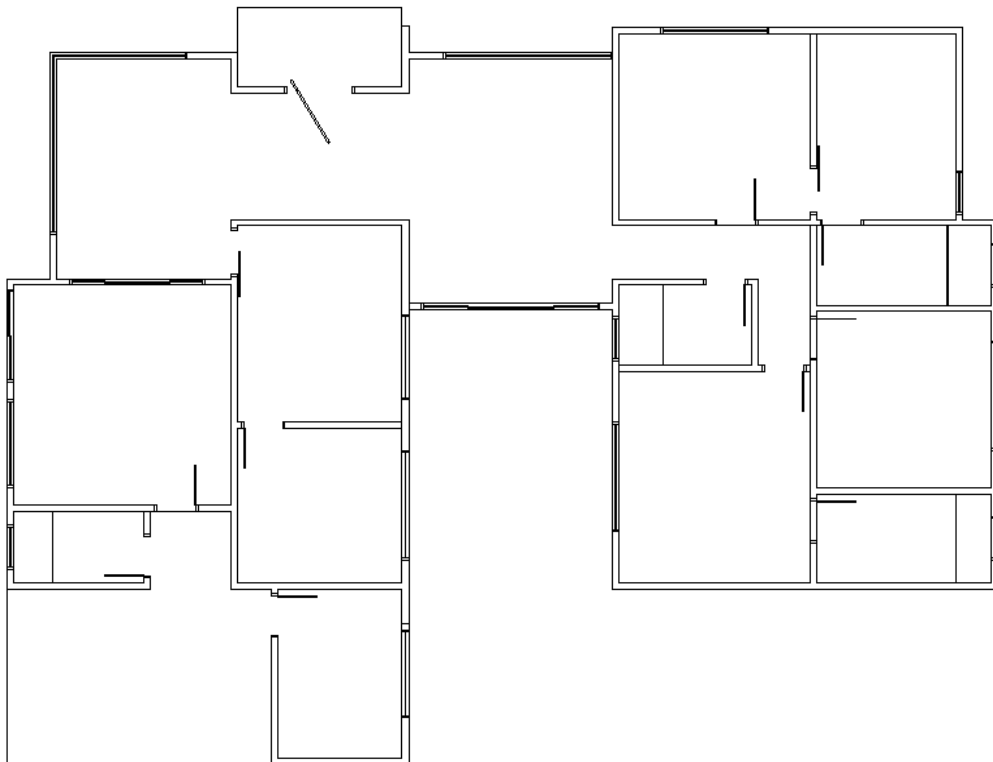
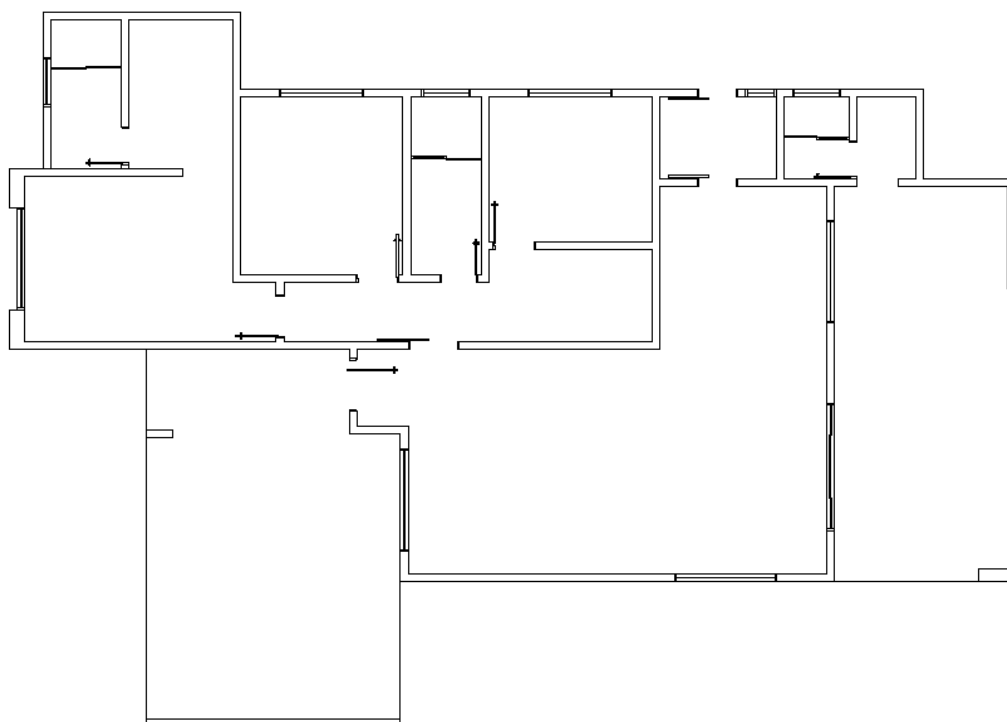
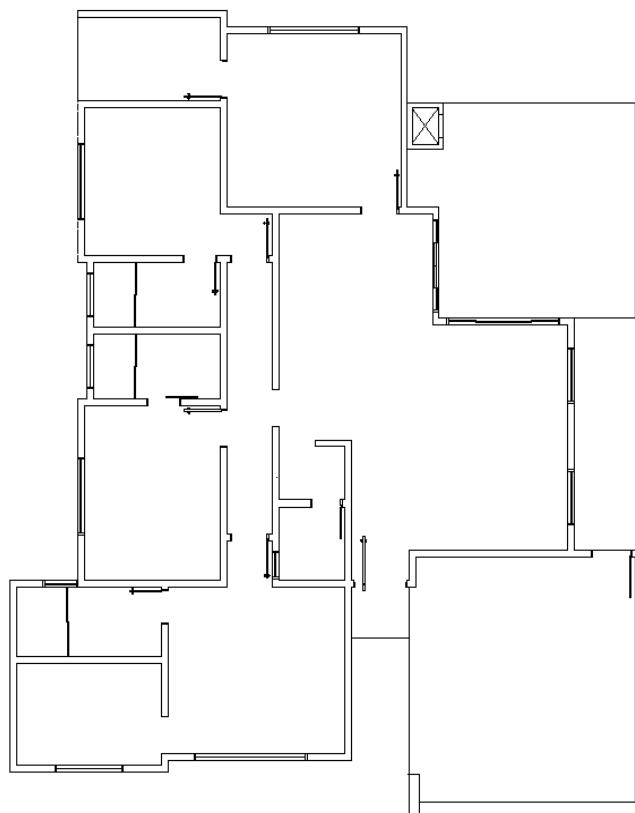


Figura 69 – Projeto 45





**Figura 70 – Projeto 46****Figura 71 – Projeto 47****Figura 72 – Projeto 48**

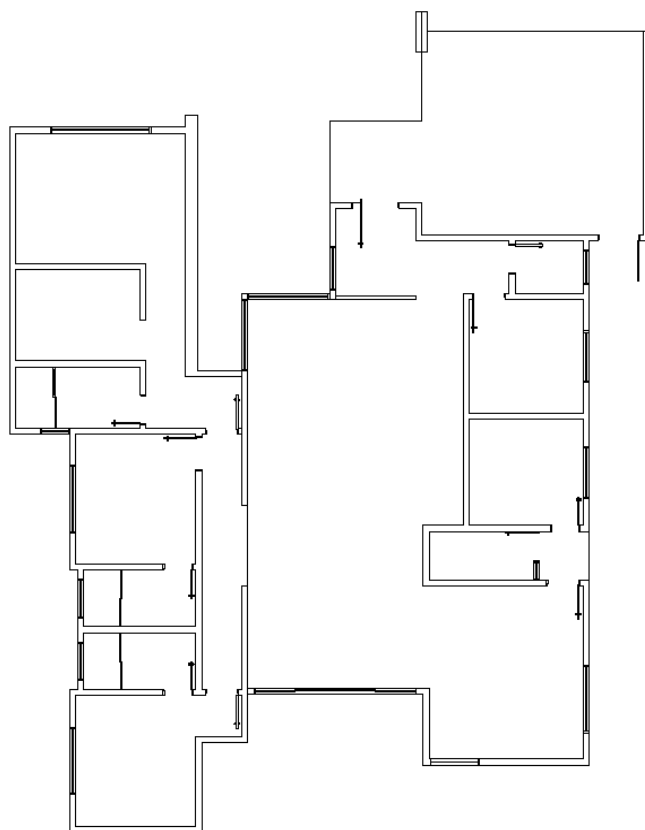


Figura 73 – Projeto 49

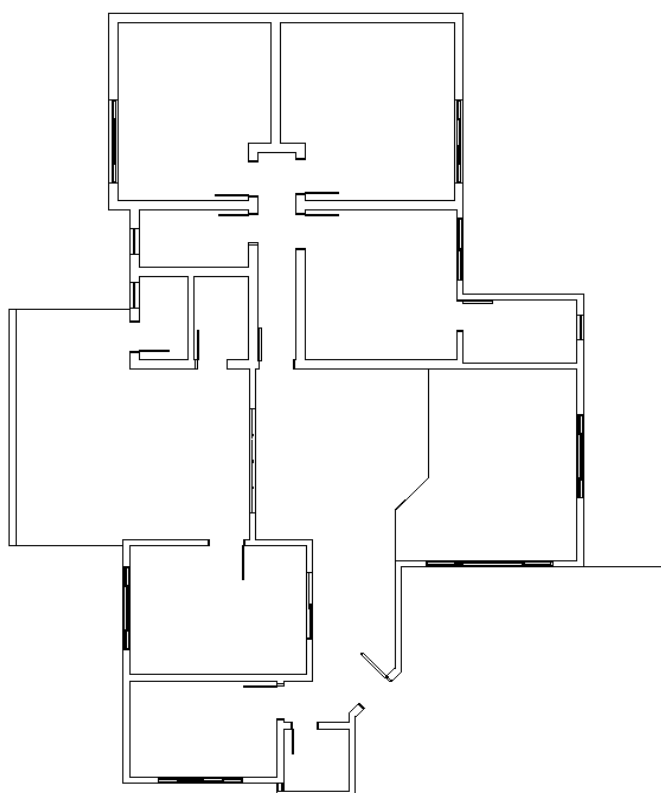


Figura 74 – Projeto 50

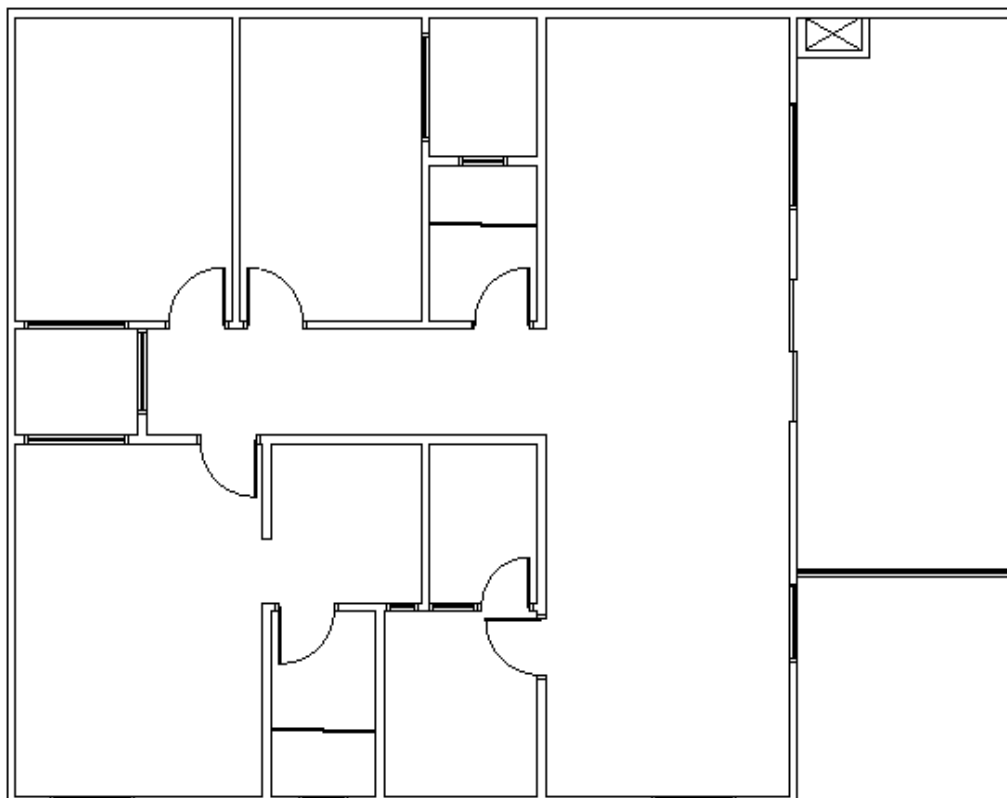


Figura 75 – Projeto comparado com os indicadores gerados