



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ADAPTAÇÃO DE MODELO DE ACOMPANHAMENTO  
DE OBRAS PÚBLICAS E VALIDAÇÃO POR MEIO DA  
SUA APLICAÇÃO A PROJETOS DA UNIVERSIDADE  
DE BRASÍLIA**

**ANDRÉ COSTA PEREZ**

**Brasília, Novembro de 2018**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Faculdade de Tecnologia

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ADAPTAÇÃO DE MODELO DE ACOMPANHAMENTO DE OBRAS  
PÚBLICAS E VALIDAÇÃO POR MEIO DA SUA APLICAÇÃO A  
PROJETOS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**ANDRÉ COSTA PEREZ**

*TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE  
BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU  
DE ENGENHEIRO ELETRICISTA.*

Banca Examinadora

Prof. Marco Aurélio Gonçalves de Oliverira, Ph.D, ENE/UnB

*Orientador*

\_\_\_\_\_

Prof. Rafael Amaral Shayani, Ph.D, ENE/UnB

*Co-Orientador*

\_\_\_\_\_

Prof. Mauro Moura Severino, Ph.D

*Examinador Externo*

\_\_\_\_\_

Prof. Daniel Guerreiro e Silva, Ph.D, ENE/UnB

*Professor Convidado*

\_\_\_\_\_

## FICHA CATALOGRÁFICA

COSTA PEREZ, ANDRÉ

Adaptação de Modelo de Acompanhamento de Obras Públicas e Validação por meio da sua Aplicação a Projetos da Universidade de Brasília [Distrito Federal] 2018. p, p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Engenheiro Eletricista, 2018).

Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Elétrica.

- |                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| 1. Obras Públicas           | 2. Acompanhamento  |
| 3. Universidade de Brasília | 4. Simulação       |
| I. ENE/FT/UnB               | II. Título (série) |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COSTA PEREZ, A. (2018). Adaptação de Modelo de Acompanhamento de Obras Públicas e Validação por meio da sua Aplicação a Projetos da Universidade de Brasília. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, 2018, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: André Costa Perez

TÍTULO: Adaptação de Modelo de Acompanhamento de Obras Públicas e Validação por meio da sua Aplicação a Projetos da Universidade de Brasília

GRAU: Engenheiro Eletricista

ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Trabalho de Conclusão de Curso e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Trabalho de Conclusão de Curso pode ser reproduzida sem autorização por escrito dos autores.

---

André Costa Perez

SQS 213 Bloco B Apartamento 202

CEP 70292-020

Asa Sul - Brasília - DF - Brasil

*A todos aqueles que me ajudaram  
e estiveram presentes na árdua jornada até aqui.*

## AGRADECIMENTOS

À minha companheira, Letícia Batalha, por todo o amor, carinho, compreensão e momentos juntos.

À minha família, pelo apoio e atenção dados desde os meus primeiros passos.

Aos meus colegas de Curso: Stefano, Arthur, Gabriel C., Gabriel B., João Antônio, Leonardo, Luiz, Henrique, Leticia, Renata, Pedro e Gustavo; pelos momentos de descontração, pela ajuda e por tornarem esta caminhada mais fácil desde o meu ingresso na Universidade.

Às pessoas da Aliança pela Liberdade e do DCE – UnB pelo crescimento pessoal, pelas memórias, pelas aventuras e pela união em prol da ideia mais bonita – a Liberdade Una. Em especial: Giovanni, Vitor L., Clarice, Mylena, Renato, Julia, Ana Raquel, Isabela, Jamile, Jessé, Helena, João Francisco, Pedro, Felipe C., Felipe P., Lucas, Beatriz, Mariana E., Mariana F., Matheus L., Rafael, Bruno M., Bruno B., Gabriel B., Matheus B., Ana Carolina, Lorrana e Ana Karolyne.

Às pessoas que compuseram a gestão do CAENE-UnB ou participaram da chapa Avançar comigo, por acreditar e trabalhar em um curso de excelência, em especial: Clarissa, Pedro, Guilherme B., Fernando, Guilherme S., Tainan, Ligia, Erika, Rubens, Carolina, Tulio, Luiza, Bruno, Matheus e Luiz Felipe.

Àos meus companheiros de banda, Bruno, Victor e Gabriel, por compartilhar do meu amor à música e por providenciar um espaço criativo único.

Aos meus demais amigos – Andrea, Caroline, Anna C., Fabiana, Giovanna, Karinne, Pedro, Renato J., Gabriel, Helena A., Vinicius, Alexandre e Maria V..

À Andrea da Silva Ribeiro da FINATEC, pela ajuda e apoio prestado, sem o qual este trabalho não poderia ter sido concretizado. Aos professores e funcionários do ENE, em especial: Professores Rafael Shayani e Marco Aurélio (meus orientadores) pelo apoio nessa etapa difícil; aos professores Mauro Moura e Daniel Guerreiro por aceitarem compor a banca; e à Vera Simões por todo o suporte prestado durante a graduação.

*“O preço da liberdade é a eterna vigilância.”*

*John Philpot Curran*

---

## RESUMO

O presente trabalho é a adaptação de um método de acompanhamento financeiro de obras públicas. É corriqueiro o atraso nas obras públicas, fazendo-se necessário um método eficiente de fiscalização. Um modelo de fiscalização previamente desenvolvido para uso na Câmara dos Deputados foi utilizado como base para realização do trabalho. O modelo previamente desenvolvido buscava determinar se o empreendimento sob análise terminaria no prazo previsto ou não com base nos dados financeiros coletados. Este trabalho busca, por meio da alteração de premissas utilizadas anteriormente, adaptar o modelo anteriormente e aplicá-lo a dois projetos em andamento na Universidade de Brasília. Utilizando o aplicativo Excel, foram geradas planilhas por meio das quais o usuário pode entrar com dados relativos a projetos em acompanhamento. A partir desses dados, são gerados diversos índices que são utilizados para verificar o andamento do projeto. De forma automatizada, estas planilhas realizam simulações probabilísticas com base na distribuição normal assimétrica para determinar a probabilidade de conclusão do empreendimento. Além disso, estima-se o número de etapas adicionais necessárias caso o projeto não seja concluído por meio de um novo índice desenvolvido exclusivamente para este trabalho. Este modelo foi validado mediante a sua aplicação a dois projetos em andamento na Universidade de Brasília. Ambos os projetos tiveram os seus cronogramas revisitados. Uma análise dos indicadores foi feita para os cronogramas elaborados antes e depois do remanejamento. Se determinou que estes indicadores corroboram com as observações empíricas dos gestores do projeto no sentido de que o remanejamento era necessário. Isso mostra que os índices podem ser utilizados para acompanhamento a distância sem a necessidade de se estar presente no cotidiano da obra.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Exemplo de Função de Densidade de Probabilidade $f(x) = e^{-x}$ .....	9
Figura 2.2 – Exemplo de Função de Distribuição Acumulada, referente à f.d.p. da Figura 2.1, com $F(x) = 1 - e^{-x}$ .....	9
Figura 2.3 – F.d.p. de uma distribuição uniforme .....	10
Figura 2.4 – F.d.a. de uma distribuição uniforme com a f.d.p. da figura 2.3 .....	11
Figura 2.5 – F.d.p. de uma distribuição normal com $\mu = 0,5$ e $\sigma = 0,1$ .....	12
Figura 2.6 – F.d.a. da distribuição normal cuja f.d.p. está representada na Figura 2.5 .....	12
Figura 2.7 – Funções de Densidade de Probabilidade com distribuição normal assimétrica com diferentes graus de assimetria .....	13
Figura 2.8 – Curva S traçada com base nos valores da Tabela 2.1 .....	17
Figura 3.1 – Fluxograma do Método Utilizado .....	20
Figura 3.2 – Planilha em branco do programa Excel .....	21
Figura 3.3 – Curva S referente às informações do caso ilustrado da Tabela 3.1 .....	23
Figura 3.4 – Macro Tabela referente a uma etapa simulada .....	28
Figura 3.5 – Parte da Tabela que junta as informações geradas pelas Macro Tabelas .....	28
Figura 4.1 – Curva S do projeto de GD adotando o cronograma original .....	46
Figura 4.2 – Curva S do projeto de GD adotando o cronograma remanejado .....	47
Figura 4.3 – Curva S do projeto de EE adotando o cronograma original .....	53
Figura 4.4 – Curva S do projeto de EE adotando o cronograma remanejado .....	53
Figura A1 – Curva S referente à Tabela A2 .....	61
Figura A2 – Curva S referente à Tabela A3 .....	62



Figura A3 – Curva S referente à Tabela A4 .....	62
Figura A4 – Curva S referente à Tabela A5 .....	63
Figura A5 – Curva S referente à Tabela A6 .....	63
Figura A6 – Curva S referente à Tabela A7 .....	64
Figura A7 – Curva S referente à Tabela A8 .....	64
Figura A8 – Curva S referente à Tabela A9 .....	65
Figura A9 – Curva S referente à Tabela A10 .....	65
Figura A10 – Curva S referente à Tabela A12 .....	66
Figura A11 – Curva S referente à Tabela A13 .....	67
Figura A12 – Curva S referente à Tabela A14 .....	67
Figura A13 – Curva S referente à Tabela A15 .....	68
Figura A14 – Curva S referente à Tabela A16 .....	68
Figura A15 – Curva S referente à Tabela A17 .....	69
Figura A16 – Curva S referente à Tabela A18 .....	69
Figura A17 - Curva S referente à Tabela A19 .....	70
Figura A18 – Curva S referente à Tabela A20 .....	70
Figura A19 – Curva S referente à Tabela A22 .....	71
Figura A20 – Curva S referente à Tabela A23 .....	72
Figura A21 – Curva S referente à Tabela A24 .....	72
Figura A22 – Curva S referente à Tabela A25 .....	73
Figura A23 – Curva S referente à Tabela A26 .....	73
Figura A24 – Curva S referente à Tabela A27 .....	74

Figura A25 – Curva S referente à Tabela A28 .....	74
Figura A26 – Curva S referente à Tabela A29 .....	75
Figura A27 – Curva S referente à Tabela A30 .....	75
Figura B1 – Evolução do IGA ao longo das primeiras 3 etapas do Projeto de GD com base no cronograma original do empreendimento .....	76
Figura B2 – Evolução do IIE ao longo das primeiras 3 etapas do Projeto de GD com base no cronograma original do empreendimento .....	76
Figura B3 – Evolução do IDTM ao longo das primeiras 3 etapas do Projeto de GD com base no cronograma original do empreendimento .....	76
Figura B4 – Evolução do IGA ao longo das primeiras 3 etapas do Projeto de GD com base no cronograma remanejado do empreendimento .....	77
Figura B5 – Evolução do IIE ao longo das primeiras 3 etapas do Projeto de GD com base no cronograma remanejado do empreendimento .....	77
Figura B6 – Evolução do IDTM ao longo das primeiras 3 etapas do Projeto de GD com base no cronograma remanejado do empreendimento .....	77
Figura B7 – Evolução do IGA ao longo das primeiras 5 etapas do Projeto de EE com base no cronograma original do empreendimento .....	78
Figura B8 – Evolução do IIE ao longo das primeiras 5 etapas do Projeto de EE com base no cronograma original do empreendimento .....	78
Figura B9 – Evolução do IDTM ao longo das primeiras 5 etapas do Projeto de EE com base no cronograma original do empreendimento .....	78
Figura B10 – Evolução do IGA ao longo das primeiras 5 etapas do Projeto de EE com base no cronograma remanejado do empreendimento .....	79
Figura B11 – Evolução do IIE ao longo das primeiras 5 etapas do Projeto de EE com base no cronograma remanejado do empreendimento .....	79

Figura B12 – Evolução do IDTM ao longo das primeiras 5 etapas do Projeto de EE com base no cronograma remanejado do empreendimento ..... 79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Exemplo de Cronograma Financeiro .....	17
Tabela 3.1 – Exemplo de Planilha de Resumo das Informações .....	22
Tabela 3.2 – Exemplo de Tabela de Valores Contratados por Etapa .....	24
Tabela 3.3 – Exemplo de Tabela de Valores Contratados Acumulados por Etapa .....	24
Tabela 3.4 – Exemplo de Tabela de Valores Executados por Etapa e seus Índices .....	25
Tabela 3.5 – Exemplo de Tabela de Valores Executados Acumulados por Etapa .....	25
Tabela 3.6 – Parte da Planilha responsável por determinar DS, PS e DI .....	29
Tabela 3.7 – Parte da Planilha de Simulação responsável por receber os parâmetros relativos à geração da amostra para simulação .....	30
Tabela 3.8 – Parte da Planilha de Simulação onde são geradas os valores simulados .....	33
Tabela 3.9 – Parte da planilha onde se determinam os intervalos .....	34
Tabela 3.10 – Parte da planilha onde se unem as informações .....	35
Tabela 4.1 – Valores contratados por etapa para o primeiro cronograma elaborado (Cronograma 0) para o Projeto de Geração Distribuída .....	42
Tabela 4.2 – Valores contratados acumulados por etapa para o primeiro cronograma elaborado (Cronograma 0) para o Projeto de Geração Distribuída .....	42
Tabela 4.3– Valores executados para as 3 primeiras etapas do empreendimento antes do remanejamento do cronograma .....	43
Tabela 4.4 – Valores contratados por etapa após o remanejamento do projeto de GD .....	44
Tabela 4.5 – Valores contratados acumulados por etapa após o remanejamento do projeto de GD .....	45

Tabela 4.6 – Planilha de Valores Executados após remanejamento de cronograma do Projeto de GD .....	45
Tabela 4.7 – Valores contratados por etapa para o primeiro cronograma elaborado (Cronograma 0) para o Projeto de Eficiência Energética .....	49
Tabela 4.8 – Valores contratados acumulados por etapa para o primeiro cronograma elaborado (Cronograma 0) para o Projeto de Eficiência Energética .....	49
Tabela 4.9 – Valores Executados no projeto de eficiência energética. Os indicadores estão de acordo com o cronograma original .....	50
Tabela 4.10 – Valores contratados por etapa para o cronograma elaborado após o remanejamento para o Projeto de Eficiência Energética .....	51
Tabela 4.11 – Valores contratados acumulados por etapa para o cronograma elaborado após o remanejamento para o Projeto de Eficiência Energética .....	52
Tabela 4.12 – Tabela de Valores Executados com base em cronograma após remanejamento no Projeto de Eficiência Energética .....	52
Tabela A1 – Valores Contratados para o caso da Análise de Sensibilidade onde a 1ª etapa é a mais barata e a 3ª etapa é a mais cara .....	61
Tabela A2 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 sem atraso .....	61
Tabela A3 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com atraso de 10% na 1ª etapa .....	62
Tabela A4 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com atraso de 50% na 1ª etapa .....	62
Tabela A5 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com atraso de 10% na 2ª etapa .....	63
Tabela A6 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com atraso de 50% na 2ª etapa .....	63

Tabela A7 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com atraso de 10% na 1ª e 2ª etapas .....	64
Tabela A8 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com avanço de 10% na 1ª etapa .....	64
Tabela A9 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com avanço de 10% na 2ª etapa .....	65
Tabela A10 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com avanço de 10% na 1ª e 2ª etapas .....	65
Tabela A11 – Valores Contratados para o caso da Análise de Sensibilidade onde a 1ª etapa é a mais barata e a 3ª etapa é a mais cara .....	66
Tabela A12 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 sem atraso .....	66
Tabela A13 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com atraso de 10% na 1ª etapa .....	67
Tabela A14 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com atraso de 50% na 1ª etapa .....	67
Tabela A15 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com atraso de 10% na 2ª etapa .....	68
Tabela A16 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com atraso de 50% na 2ª etapa .....	68
Tabela A17 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com atraso de 10% na 1ª e 2ª etapas .....	69
Tabela A18 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com avanço de 10% na 1ª etapa .....	69
Tabela A19 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com avanço de 10% na 2ª etapa .....	70

Tabela A20 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com avanço de 10% na 1ª e 2ª etapas .....	70
Tabela A21 – Valores Contratados para o caso da Analise de Sensibilidade onde todas as etapas tem aproximadamente o mesmo valor .....	71
Tabela A22 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 sem atraso .....	71
Tabela A23 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com atraso de 10% na 1ª etapa .....	72
Tabela A24 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com atraso de 50% na 1ª etapa .....	72
Tabela A25 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com atraso de 10% na 2ª etapa .....	73
Tabela A26 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com atraso de 50% na 2ª etapa .....	73
Tabela A27 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com atraso de 10% na 1ª e 2ª etapas .....	74
Tabela A28 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com avanço de 10% na 1ª etapa .....	74
Tabela A29 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com avanço de 10% na 2ª etapa .....	75
Tabela A30 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com avanço de 10% na 1ª e 2ª etapas .....	75
Tabela B1 – Planilha de Resumo das Informações do Projeto de GD baseada no cronograma original .....	76
Tabela B2 – Planilha de Resumo das Informações do Projeto de GD após o remanejamento do cronograma .....	77

Tabela B3 – Planilha de Resumo das Informações do Projeto de EE baseada no cronograma original .....	78
Tabela B4 – Planilha de Resumo das Informações do Projeto de EE após o remanejamento do cronograma .....	79



# LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
CAP	Coefficiente de Assimetria Pearson
CEB	Companhia Energética de Brasília
CNI	Confederação Nacional da Indústria
DI	Dimensão Inferior
$dm(X)$	Desvio Médio da Variável Aleatória X
$dp(X)$	Desvio-Padrão da Variável Aleatória X
DS	Dimensão Superior
$E[X]$	Esperança da Variável Aleatória X
EE	Eficiência Energética
f.d.p	Função Densidade de Probabilidade
f.d.a.	Função Distribuição Acumulada
$FX(x)$	Função Distribuição Acumulada da Variável Aleatória X no ponto x
$fX(x)$	Função Densidade de Probabilidade da Variável Aleatória X no ponto x
FINATEC	Fundação de Empreendimentos Científicos e Tecnológicos
GD	Geração Distribuída
Id	Índice de Desempenho
IDTM	Índice de Defasagem Total Média
IEA	Índice Específico de Aderência

IGA	Índice Geral de Aderência
IIE	Índice de Insucesso de Empreendimento
ITCE	Índice de Tempo de Conclusão Excedente
md(X)	Mediana da Variável Aleatória X
PS	Posição Superior
UnB	Universidade de Brasília
TCDF	Tribunal de Contas do Distrito Federal
TCU	Tribunal de Contas da União
Var(X)	Variância da Variável Aleatória X
var(X)	Variância Amostral
VCE	Valor Contratado por Etapa
VEC	Valor Total Contratado
VEEmax	Valor Máximo Estimado
VEEmin	Valor Mínimo Estimado
VF	Valor Faltante
VFM	Valor Faltante Médio
VI	Valor Médio de Completude
VTS	Valor Total Simulado
$\bar{X}$	Média Aritmética da Variável Aleatória X
$\mu$	Esperança/Média de uma Variável Aleatória
$\sigma$	Desvio-Padrão de uma Variável Aleatória

$\sigma^2$	Variância de uma Variável Aleatória
$\phi(\cdot)$	F.d.p. de uma distribuição normal padrão
$\Phi(\cdot)$	F.d.a. de uma distribuição normal padrão
$\lambda$	Parâmetro de Assimetria

# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	v
RESUMO .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS .....	xvii
SUMÁRIO .....	xx
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 CONTROLE E FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS .....	4
2.2 NOÇÕES DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA .....	6
2.2.1 Medidas de uma População .....	6
2.2.2 Variáveis Aleatórias Contínuas .....	8
2.2.3 Distribuição Uniforme para Variáveis Aleatórias Contínuas .....	10
2.2.4 Distribuição Normal para Variáveis Aleatórias Contínuas .....	11
2.2.5 Distribuição Normal Assimétrica para Variáveis Aleatórias Contínuas ..	13
2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO .....	14
2.3.1 Método dos Indicadores de Desempenho .....	14
2.3.2 Índice Geral de Aderência (IGA) .....	15
2.3.3 Índice Específico de Aderência (IEA) .....	15
2.3.4 Índice de Insucesso de Empreendimento (IIE) .....	15

2.3.5	Índice de Defasagem Total Média (IDTM) .....	16
2.3.6	Curva S .....	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	18
3.1	EXCEL .....	19
3.2	DESCRIÇÃO DA PLANILHA .....	22
3.2.1	Planilha de Resumo das Informações .....	22
3.2.2	Planilha de Valores Contratados .....	24
3.2.3	Planilha de Valores Executados .....	25
3.2.4	Planilhas de Simulação .....	27
3.2.4.1	Determinação dos Parâmetros pertinentes a VEE min e VEE max .....	28
3.2.4.2	Geração da Curva de Distribuição de Probabilidade .....	30
3.2.4.3	Geração de Amostras .....	32
3.2.4.4	Tabela de Intervalos .....	34
3.2.4.5	Junção das Informações e Determinação de Cenários .....	35
3.3	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE .....	36
3.3.1	Primeira etapa mais barata e última etapa mais cara .....	36
3.3.2	Primeira etapa mais cara e última etapa mais barata .....	37
3.3.3	Etapas com aproximadamente o mesmo valor .....	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
4.1	MÉTODO APLICADO AO PROJETO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO CAMPUS DARCY RIBEIRO.....	40

4.1.1	Indicadores levando em consideração o cronograma inicial .....	41
4.1.2	Indicadores levando em consideração o cronograma após o remanejamento .....	44
4.2	MÉTODO APLICADO AO PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO CAMPUS DARCY RIBEIRO .....	47
4.2.1	Indicadores levando em consideração o cronograma contratado .....	48
4.2.2	Indicadores após o Remanejamento do cronograma .....	51
5	CONCLUSÕES .....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57
	APÊNDICES .....	60
A	PLANILHAS DE RESUMO DAS INFORMAÇÕES PARA CADA CASO DA ANÁLISE DE SENSIBILIDADE .....	61
B	PLANILHAS REFERENTES AOS PROJETOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	76

# 1 INTRODUÇÃO

A gestão de um projeto é a forma como se administram os recursos disponíveis e a logística de execução das ações, por meio de procedimentos bem definidos (CAMPOS, 2012). Isso significa dizer que, muitas vezes, a qualidade de gestão é quem define o grau de sucesso de um empreendimento. Este elemento é de particular importância no setor público, já que é utilizado dinheiro público, advindo de impostos. Logo, a gestão de obras públicas é uma área de suma importância, e pesquisas que tratam de métodos que busquem torná-la mais eficiente são fundamentais.

No Brasil, vivemos uma realidade onde obras públicas frequentemente são atrasadas ou até interrompidas. Os motivos para isso incluem falta de verba, inconsistências nos contratos e corrupção (FERREIRA, 2017). Isso, além de elevar o custo das obras, causa transtornos como atrapalhar a mobilidade urbana e causar a demora de serviços (CNI, 2014).

No Brasil, o atraso de obras chega a um nível bastante alto. No Distrito Federal, em levantamento feito em Setembro de 2018, dos empreendimentos do Governo do Distrito Federal previstos para o atual ano, apenas 49,1% do valor empenhado destinado a obras e serviços de engenharia havia sido pago. Quando se observou o conjunto de todos os outros serviços do governo (campanhas, projetos, compras de bens, entre outros), o valor era de aproximadamente 82,1% (DISTRITO FEDERAL, 2018).

Em razão dos motivos e dados expostos, faz-se necessária uma fiscalização consistente dos empreendimentos. As auditorias realizadas (muitas vezes *a posteriori*), apesar de conseguirem apontar erros e discrepâncias, não são úteis quando se trata de propor mudanças metodológicas para evitar ou mitigar esses erros. Em outras palavras, uma auditoria apenas aponta quando o plano não foi seguido mas não tem a capacidade de retornar o empreendimento ao rumo desejado (PEREIRA, 2002). Logo, é interessante que sejam feitos acompanhamentos. Estes se tratam de medições e visitas periódicas, com geração de relatórios, que apontam, de forma mais imediata, as correções a serem feitas para que o cronograma vigente seja seguido.

Moreira (2009) desenvolveu um método de acompanhamento (auditoria concomitante) para obras na Câmara dos Deputados que busca determinar se o cronograma de determinado empreendimento vai ser cumprido ou não. Para isso, adotaram-se determinados indicadores e

desenvolveram-se outros, de forma a realizar uma análise completa dos empreendimentos. Este modelo foi então implementado em aplicativo Excel, e possuía uma parte de simulação que, com base no que foi realizado até determinado momento, previa quais seriam os valores executados nas etapas futuras.

O presente trabalho tem como objetivo a adaptação e validação da parte técnica desse modelo, de forma a ser aplicado a diferentes instituições públicas. Dentro deste objetivo geral, houve determinados objetivos específicos. Buscou-se trabalhar na distribuição de probabilidade utilizada nas simulações de forma a acrescentar premissas. Desenvolveu-se um novo índice de forma a ajudar na análise do avanço financeiro do empreendimento e na elaboração de novos cronogramas. Finalmente, aplicou-se o método a dois projetos em andamento na Universidade de Brasília de forma a analisar o comportamento dos indicadores em situações mais complexas. Para implementação do método, construiu-se uma planilha que utilizou como base o trabalho realizado anteriormente.

De forma a deixar bem claro o método e os resultados encontrados, o trabalho se estruturou da seguinte forma: o capítulo 2 contém a Revisão Bibliográfica realizada. Nela, descreve-se a realidade das obras públicas nos dias de hoje, os indicadores utilizados e as ferramentas matemáticas empregadas. Deu-se particular ênfase a estas ferramentas, pois são estes os avanços fundamentais deste trabalho.

O Capítulo 3 destaca os materiais e métodos. Ou seja, descreve de forma bastante detalhada as diferentes partes da planilha, o seu funcionamento e a implementação de cada premissa. Detalha a forma de utilização da planilha e as formas de adaptação para empreendimentos de diferentes durações e dimensões. Por fim, mostra um estudo de caso hipotético e mais simples para determinar a sensibilidade dos diferentes indicadores para que fique claro para o leitor como estes se comportam em diferentes situações. Este capítulo foi escrito pensando na reprodutibilidade do método, de forma a facilitar o avanço dos estudos nesta área.

O Capítulo 4 detalha a adaptação e utilização do método nos projetos de Geração Distribuída Fotovoltaica e no projeto de Eficiência Energética no Campus Darcy Ribeiro. Discutem-se os resultados da implementação do método e a realidade apontada pelos indicadores, propondo explicações para o observado.



Por fim, o capítulo 5 apresenta as conclusões tiradas a partir dos resultados observados. Isto é, detalham-se os acertos do trabalho e explica-se o motivo das distintas falhas encontradas na implementação. Por fim, propõem-se trabalhos futuros a serem realizados a partir do que foi desenvolvido, pensando em diferentes possibilidades de implementação das premissas, novas ferramentas matemáticas que podem ser utilizadas e indicações para a contínua aplicação do método aos projetos supracitados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo enuncia a base teórica utilizada para o trabalho. As informações contidas neste capítulo tem o objetivo de munir o leitor de forma que este entenda o método desenvolvido. São abordadas três grandes áreas: Controle e Fiscalização das Obras Públicas, Noções de Probabilidade e Estatística e Indicadores de Desempenho.

A primeira área traz a função das diversas instituições da administração pública que possuem a função de fiscalização dos empreendimentos. Ademais, se diferenciam os diversos instrumentos de fiscalização existentes e se explicam as diferenças entre cada um. Por fim, se justifica o tipo de instrumento escolhido para o trabalho.

A segunda área explica conceitos fundamentais utilizados no método da parte de Probabilidade e Estatística. Primeiramente, explicam-se conceitos elementares essenciais para realizar qualquer tipo de estudo estatístico ou geração de funções probabilísticas. A seguir, realiza-se uma explicação acerca dos modelos probabilísticos mais importantes para este trabalho, incluindo o utilizado anteriormente por Moreira (2009) e avançando em termos de complexidade até abordar o modelo probabilístico escolhido, incluindo a justificativa para sua escolha.

A terceira e última área aborda o conceito de indicadores de desempenho. Explica-se o método dos indicadores de desempenho que é a base para os indicadores utilizados neste trabalho. A partir desta explicação, detalham-se os indicadores utilizados em trabalho anterior e sua formulação matemático e significado físico.

### 2.1 – Controle e Fiscalização das Obras Públicas

É competência do Tribunal de Contas da União (TCU) do Brasil a apreciação, avaliação e julgamento das contas de qualquer instituição pública no território nacional (TCU, 2015). Ainda competem aos Tribunais de Contas Regionais e Municipais a mesma competência, mas sempre respeitando as decisões do TCU, nos âmbitos dos estados e municípios, respectivamente (FERNANDES, 1999). Contudo, as instituições públicas devem conduzir fiscalizações internas para determinar o estado de suas contas e aferir o andamento de suas obras e projetos (ABNT, 2008).

Existem cinco Instrumentos de Fiscalização reconhecidos pelo regimento interno do TCU. São eles: Levantamentos, Inspeções, Monitoramentos, Auditorias e Acompanhamentos (TCU, 2015).

Os levantamentos são feitos com o objetivo de identificar os elementos pertinentes para as fiscalizações. Além disso, é por meio destes que se determina a viabilidade de uma fiscalização. Por fim, são utilizados para determinar o funcionamento e estrutura dos mais variados entes da administração pública (TCU, 2015).

As inspeções têm o único fim de sanar a eventual falta de informação em alguma fiscalização em andamento ou já realizada. Além disso, podem ser utilizadas para sanar questionamentos, requerer informações adicionais e apurar quaisquer denúncias acerca dos empreendimentos (TCU, 2015).

Os Monitoramentos tem por fim a comprovação de que as deliberações do Tribunal foram cumpridas. São utilizados sempre a posteriori de decisões tomadas pelo Tribunal (TCU, 2015).

A auditoria avalia se objetivos fiscais foram cumpridos. Esta leva em conta os critérios de legitimidade e legalidade (TCDF, 2008). Legalidade se entende pelo respeito a um determinado sistema de normas pré-estabelecidas, visando exercer o respeito à autoridade da lei. Já a Legitimidade é relacionada ao poder exercido numa determinada questão e a aceitação social advinda dessa posição (WOLKMER, 1994). Por fim, é objetivo da auditoria avaliar os resultados de determinado empreendimento, verificando os quesitos de economicidade, eficiência e eficácia (TCDF, 2008). Economicidade é, dada uma determinada conjuntura, obter o melhor resultado possível com os recursos disponíveis (BUGARIN, 1999); Eficiência é obter o maior rendimento possível por meio da manipulação de distintas variáveis (BUGARIN, 2001); e Eficácia é a obtenção, com sucesso, dos resultados esperados (CASTRO, 2006).

Por fim, o Acompanhamento é um instrumento de fiscalização utilizado para verificar, durante um período predeterminado, a legalidade e a legitimidade dos atos de executores de um determinado empreendimento nos aspectos contábil e financeiro, entre outros. Tenta-se por meio do acompanhamento prever atos que possam ser prejudiciais para o resultado do empreendimento. Por isso, é uma atividade periódica e concomitante à realização das ações por parte do gestor (TCU, 2018). É, desta forma, um instrumento importante na previsão de novos atos de gestão visando a correção de imperfeições no processo.

O instrumento de fiscalização utilizado pelo modelo desenvolvido é o Acompanhamento, por se tratar de levantamento periódico de informações do empreendimento para verificar a aderência do valor executado à proposta, visando a orientação quanto ao ajuste do cronograma. Ademais, a utilização do método é confluyente com a duração do empreendimento, tendo assim uma duração pré-determinada.

## **2.2 – Noções de Probabilidade e Estatística**

A Estatística é a ciência que se encarrega da “coleta, redução, análise e modelagem de dados”(BUSSAB, 2012, p.1). Em outras palavras, é por meio da Estatística que se deduzem padrões e comportamentos de uma determinada variável observada, os quais podem ser usados para futuramente prever o comportamento dessas variáveis. Logo, para utilizar ferramentas estatísticas, adotam-se modelos probabilísticos. Estes são modelos matemáticos nos quais não se pode determinar precisamente qual será a saída com base num determinado conjunto de variáveis de entrada. São diferentes dos modelos determinísticos, nos quais sabe-se exatamente qual será o resultado dado um conjunto de variáveis de entrada (MEYER, 2011).

### **2.2.1 – Medidas de uma População**

Dada uma determinada população de dados, existem algumas medidas que podem ser realizadas para determinar as suas características. Elas são separadas entre medidas de posição e medidas de dispersão. Uma medida de posição é aquela que consegue representar toda a população por meio de valores centrais. Já uma medida de dispersão é a que informa o espalhamento dos dados da população ao redor de seu valor central; ela indica se os dados estão concentrados ou não nas proximidades de determinada medida de posição (BUSSAB, 2012).

As medidas de posição empregadas são a Moda, a Mediana e a Média Aritmética. No que diz respeito a essas medidas, quanto mais alto for o seu valor, mais altos serão, de forma geral, os valores da população. Da mesma forma, quanto mais baixo forem essas medidas, mais baixos serão os valores da população. A Moda de uma população é o valor que mais se repete; para o seu cálculo é necessária apenas a frequência de cada valor dentro da população (BUSSAB, 2012). Apesar de ser um valor importante, a informação provida apenas por esta medida deve ser complementada pelas outras duas medidas de posição.

A mediana é o valor central da população quando esta é colocada em ordem crescente ou decrescente. Pode-se formular matematicamente a mediana de acordo com a eq. 2.1, para uma determinada população de dados em ordem crescente, com n elementos, denotada pela variável X e cujos elementos, em ordem crescente, são denotados por  $X_i$  com  $i = \{1,2,3,\dots,n-1,n\}$  (BUSSAB, 2012).

$$\mathbf{md(X)} = \begin{cases} X_{\left(\frac{n+1}{2}\right)}, & \text{se } n \text{ é ímpar;} \\ \frac{X_{\left(\frac{n}{2}\right)} + X_{\left(\frac{n}{2}+1\right)}}{2}, & \text{se } n \text{ é par;} \end{cases} \quad [2.1]$$

A terceira medida é a Média Aritmética, que é definida como “a soma das observações dividida pelo número delas”(BUSSAB, 2012, p. 35). Alternativamente, pode-se formular matematicamente a Média Aritmética de uma população com n elementos, denotada pela variável X e cujos elementos são denotados por  $X_i$  com  $i = \{1,2,3,\dots,n-1,n\}$  de acordo com a eq. 2.2 (BUSSAB, 2012).

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad [2.2]$$

Conforme mencionado anteriormente, não basta saber apenas a posição central dos valores da população. É necessário também saber como esses dados estão distribuídos por meio das medidas de dispersão. Se estes valores forem altos, então pode-se inferir que os valores da população estão distribuídos ao longo de um intervalo maior. Se estes valores forem pequenos, os valores da população estão concentrados ao redor das medidas de posição.

As medidas de distribuição pertinentes são o desvio médio, a variância e o desvio-padrão. O desvio médio de uma população denotada pela variável X, média  $\bar{X}$ , de tamanho n e cujos elementos são denotados por  $X_i$  com  $i = \{1,2,3,\dots,n-1,n\}$  é definido por meio da eq. 2.3 (BUSSAB, 2012).

$$\mathbf{dm(X)} = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n} \quad [2.3]$$

Um dos problemas com o cálculo do desvio-médio é o cálculo do valor absoluto, como visto na eq. 2.3. Por isso, utiliza-se a Variância Amostral, que é expressa, para uma população denotada pela variável X, média  $\bar{X}$ , de tamanho n e com elementos denotados por  $X_i$  com  $i = \{1,2,3,\dots,n-1, n\}$  pela eq. 2.4 (BUSSAB, 2012).

$$\boxed{\text{var}(\mathbf{X}) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad [2.4]$$

Por conta do termo quadrático, tem-se um valor de Variância expresso em unidades quadráticas. Por isso utiliza-se o desvio-padrão como principal medida de dispersão. Este, para uma população denotada pela variável  $X$ , é expresso pela eq. 2.5 (BUSSAB, 2012).

$$\boxed{\text{dp}(\mathbf{X}) = \sqrt{\text{var}(\mathbf{X})}} \quad [2.5]$$

Estes conceitos, podem ser aplicados a variáveis aleatórias discretas, que são aquelas cujo número de valores é finito ou infinito numerável, ou contínuas, que são aquelas cujo número de valores é infinito dentro de uma faixa (MEYER, 2011). As variáveis aleatórias contínuas, devido a suas características, são de maior interesse neste trabalho e são melhor exploradas na subseção 2.2.2.

### 2.2.2 – Variáveis Aleatórias Contínuas

Para geração dos dados para simulação, lança-se mão do conceito de Variáveis Aleatórias Contínuas. Segundo Bussab (2012), “uma função  $X$ , sobre o espaço amostral  $\Omega$  e assumindo valores num intervalo de números reais, é dita uma Variável Aleatória Contínua”. Variáveis contínuas possuem certas características que são de interesse neste trabalho.

A primeira são os conceitos de Função de Densidade de Probabilidade e Função de Distribuição Acumulada. Consideremos uma variável aleatória contínua  $X$ , tal que  $a \leq x \leq b, x \in X$ . A primeira função (denotada aqui por  $f_X(x)$  e também chamada de f.d.p) nos diz a densidade de probabilidade de um ponto  $x$  localizado entre os pontos  $a$  e  $b$ . A segunda função, também chamada de f.d.a e denotada por  $F_X(x)$ , nos diz o somatório de toda a densidade de probabilidade do ponto  $a$  até o ponto  $x$  em questão. Em outras palavras,  $F_X(x) = P[X \leq x], a \leq x \leq b$ . Corolários dessas considerações estão dispostas nas eqs. 2.6 a 2.8, e exemplos da f.d.p e f.d.a correspondem às figuras 2.1 e 2.2, respectivamente (LEON-GARCIA, 2008).

$$\boxed{F_X(x) = \int_a^x f_X(t) dt} \quad [2.6]$$

$$\boxed{\int_a^b f_X(t) dt = 1} \quad [2.7]$$

$$\boxed{f_X(x) = \left. \frac{dF_X(t)}{dt} \right|_{t=x}} \quad [2.8]$$

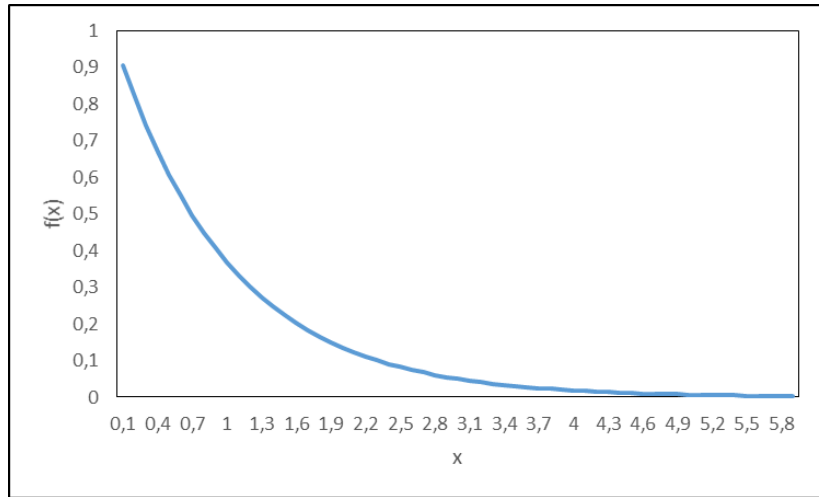


Figura 2.1 – Exemplo de Função de Densidade de Probabilidade  $f(x) = e^{-x}$ .

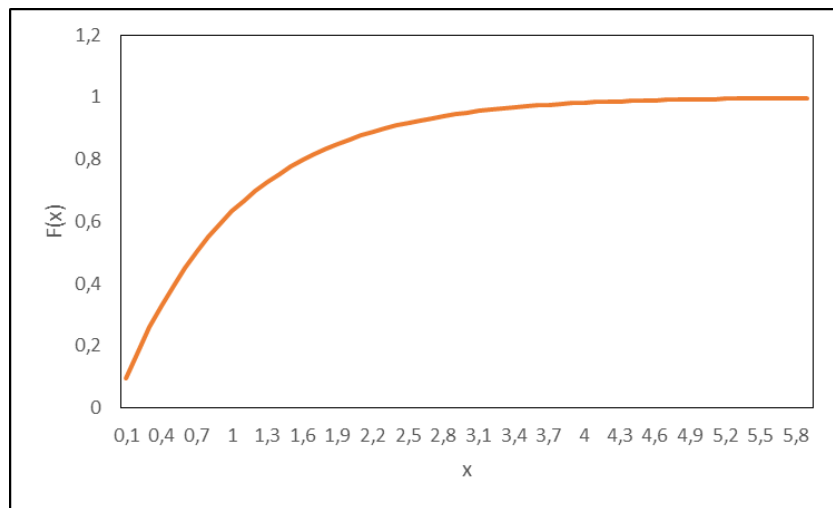


Figura 2.2 – Exemplo de Função de Distribuição Acumulada, referente à f.d.p. da Figura 2.1, com  $F(x) = 1 - e^{-x}$ .

Com base nessas definições, podem-se definir algumas medidas de posição com base no enunciado na sub-seção 2.2.1. A média ou esperança de uma variável aleatória contínua é dada pela eq. 2.9 (LEON-GARCIA, 2008).

$$E[X] = \int_a^b t f_X(t) dt \quad [2.9]$$

Pode-se definir também o conceito de variância de uma variável aleatória, dado pela eq. 2.10. Para simplificação, pode-se utilizar os seguintes símbolos para representar, respectivamente, a esperança, a variância e o desvio-padrão (definido pela eq. 2.5):  $\mu(X)$ ,  $\sigma^2(X)$  e  $\sigma(X)$  (BUSSAB, 2012).

$$\boxed{\text{Var}(X) = E(X^2) - [E(X)]^2} \quad [2.10]$$

Como mencionado anteriormente, existem alguns modelos de variáveis contínuas que são de especial importância para o trabalho e cabe a sua descrição. Estes modelos serão descritos nas próximas subseções.

### 2.2.3 – Distribuição Uniforme para Variáveis Aleatórias Contínuas

Este modelo é utilizado para representar a situação onde “todos os valores em um determinado intervalo da reta dos números reais tem a mesma probabilidade de ocorrer” (LEON-GARCIA, 2008, p.163). Denotando uma variável aleatória contínua com distribuição uniforme por  $X$  e assumindo que esta pode assumir qualquer valor  $x$  na reta real entre os números  $\alpha$  e  $\beta$ , a sua função de densidade de probabilidade e função de distribuição acumulada dadas pelas figuras 2.3 e 2.4, respectivamente. Analiticamente, a f.d.p e a f.d.a. são dadas pelas eqs. 2.11 e 2.12 (BUSSAB, 2012).

$$\boxed{f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\beta-\alpha}, & \alpha \leq x \leq \beta, \\ 0, & x < \alpha \vee \beta < x. \end{cases}} \quad [2.11]$$

$$\boxed{F(x) = \begin{cases} 0, & x < \alpha \\ \frac{x-\alpha}{\beta-\alpha}, & \alpha \leq x < \beta \\ 1, & x \geq \beta \end{cases}} \quad [2.12]$$

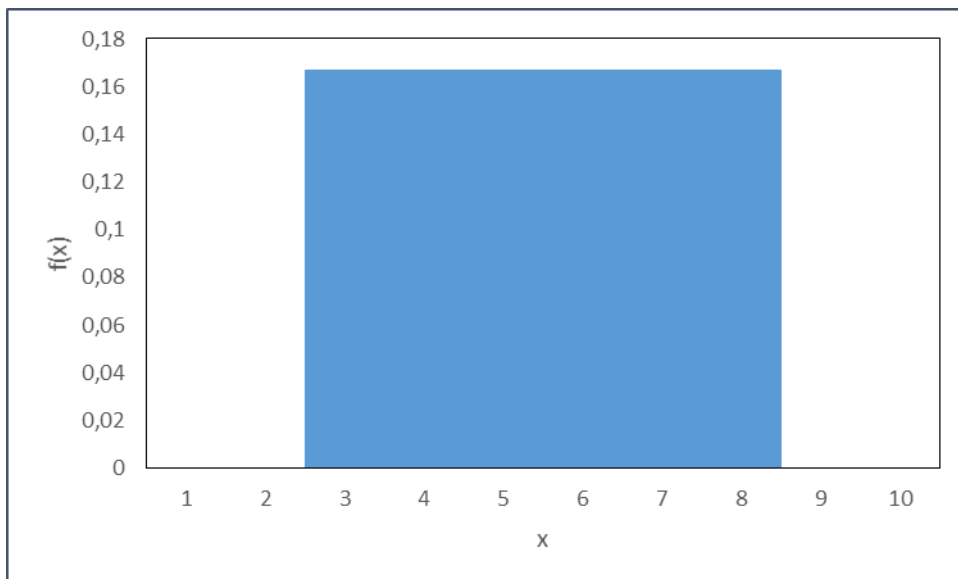


Figura 2.3 – F.d.p. de uma distribuição uniforme.



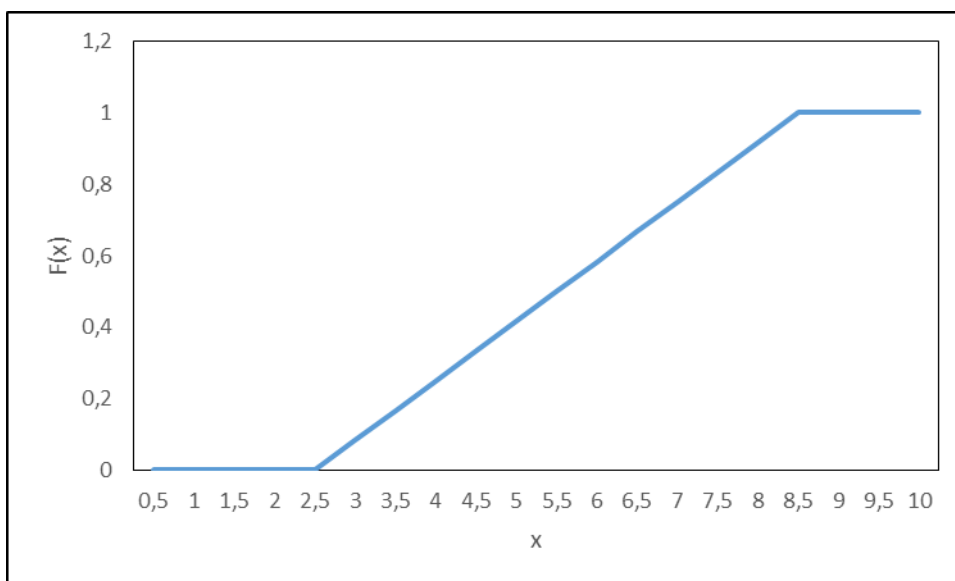


Figura 2.4 – F.d.a. de uma distribuição uniforme com a f.d.p. da figura 2.3.

A Esperança e a Variância deste modelo podem ser deduzidos por meio das eqs. 2.9 e 2.10, respectivamente, e são dadas pelas eqs. 2.13 e 2.14.

$$E(X) = \frac{\alpha + \beta}{2} \quad [2.13]$$

$$Var(X) = \frac{(\beta - \alpha)^2}{12} \quad [2.14]$$

Esta foi a distribuição utilizada na primeira versão do modelo (MOREIRA, 2009). Pelo fato de esta distribuição não representar totalmente as premissas utilizadas, optou-se por explorar uma nova distribuição para gerar os dados para simulação, neste caso, a distribuição normal.

#### 2.2.4 – Distribuição Normal para Variáveis Aleatórias Contínuas

Também chamada de distribuição Gaussiana, a distribuição normal é “uma das mais importantes variáveis aleatórias contínuas” (MEYER, 2011, p.214). A importância dessa distribuição vem do fato que muitos fenômenos são a soma de diferentes variáveis aleatórias cujo comportamento, apesar de ser bastante complexo, se aproxima ao da distribuição normal sob condições gerais (LEON-GARCIA, 2008).

Os parâmetros de entrada para esta distribuição são  $\mu$  e  $\sigma$  (esperança e desvio-padrão). Dada uma variável aleatória X, que assume qualquer valor x na reta dos números reais, o gráfico

para a f.d.p é dado pela figura 2.5. Analiticamente, esta função é descrita pela eq. 2.15 (BUSSAB, 2012).

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad [2.15]$$

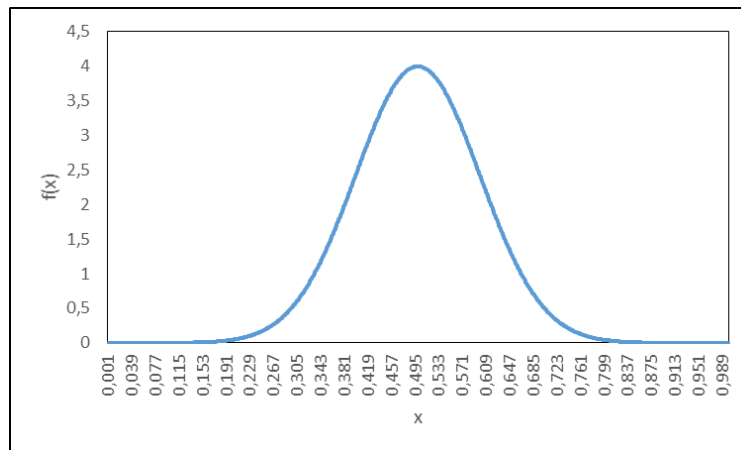


Figura 2.5 – F.d.p. de uma distribuição normal com  $\mu = 0,5$  e  $\sigma = 0,1$ .

A resolução da eq. 2.6 é mais trabalhosa no caso da distribuição normal pelo fato da integral não ter solução analítica. Contudo, a f.d.a. pode ser encontrada computacionalmente, e sua forma é a representada na figura 2.6. Geralmente utiliza-se a chamada normal-padrão para simplificar este procedimento. Esta curva é a distribuição normal com  $\sigma = 1$  e  $\mu = 0$  (BUSSAB, 2012).

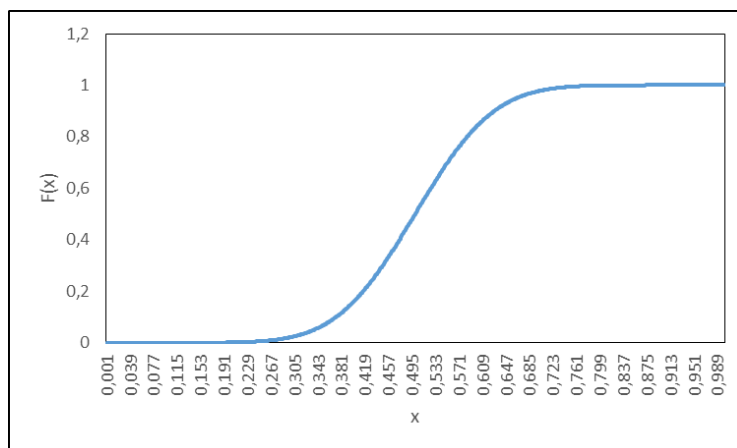


Figura 2.6 – F.d.a. da distribuição normal cuja f.d.p. está representada na Figura 2.5.

Este modelo é prático pois representa variáveis aleatórias cujos valores orbitam um determinado valor (média). Um fato importante é a incidência da moda, mediana e média no mesmo ponto ( $\mu$ ) (SHIMAKURA, 2006). Contudo, ainda não é suficiente para a aplicação que

estamos buscando pelo fato de valores maiores e menores do que a moda terem igual chance de ocorrer. O ideal é que se tenha uma f.d.p que indique uma maior tendência de termos números abaixo ou acima da moda. Por isso, explora-se o caso geral da distribuição normal – a distribuição normal assimétrica.

### 2.2.5 – Distribuição Normal Assimétrica para Variáveis Aleatórias Contínuas

A assimetria é o desvio da condição de simetria; no caso de uma f.d.p., a condição de simetria é a incidência de todas as medidas de posição sobre o mesmo ponto. O grau de assimetria de uma f.d.p. pode ser medido pelo Coeficiente de Assimetria Pearson (CAP), dada pela eq. 2.16. Esta é uma das várias possíveis medidas de assimetria de uma f.d.p e uma das mais simples. (ALTINAY, 2016)

$$CAP = \frac{\mu - Moda}{\sigma} \quad [2.16]$$

Logo mais, uma distribuição normal assimétrica é aquela distribuição cuja f.d.p. segue a eq. 2.17, onde  $\phi(\cdot)$  é a f.d.p. de uma distribuição normal padrão,  $\Phi(\cdot)$  é a f.d.a. de uma distribuição normal padrão e  $\lambda$  é o parâmetro de assimetria, cujo sinal dita a direção de assimetria da amostra. (GONDIM, 2011). Alguns exemplos de curvas com essa f.d.p. e diferentes graus de assimetria estão mostrados na figura 2.7.

$$f(z) = 2\phi(z)\Phi(\lambda z) \quad [2.17]$$

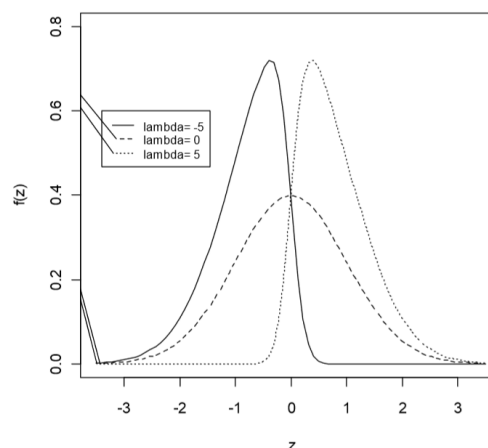


Figura 2.7 – Funções de Densidade de Probabilidade com distribuição normal assimétrica com diferentes graus de assimetria. FONTE: GONDIM, Natália Rodrigues Guedes, *A Distribuição Normal Assimétrica (Skew Normal) e as suas Aplicações*. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB, 2011.

É importante ressaltar que, para um parâmetro de assimetria negativo, temos que  $\text{Moda} > \text{Mediana} > \text{Média}$ . Da mesma forma, para um parâmetro de assimetria positivo, temos que  $\text{Média} > \text{Mediana} > \text{Moda}$  (ALTINAY, 2016). Essas relações são importantes para justificar as premissas utilizadas neste trabalho, já que essa característica permite que se descrevam situações onde existe maior ou menor probabilidade de que os pontos gerados tenham valores maiores ou menores do que a Moda.

### 2.3 – Indicadores de Desempenho

Os indicadores utilizados por Moreira (2009) foram cinco: o Índice Geral de Aderência (IGA), o Índice Específico de Aderência (IEA), o Índice de Insucesso de Empreendimento (IIE), o Índice de Defasagem Total Média (IDTM) e a Curva S. Cada um deles é detalhado nas subseções subsequentes, além da detalhação do método do índice de desempenho, cuja interpretação é análoga à feita para os indicadores utilizados no trabalho.

#### 2.3.1 – Método do Índice de Desempenho

Este método é utilizado para avaliar o andamento do projeto por meio de um número (índice). Este índice exprime a aderência a um determinado cronograma contratado. O índice, ou  $Id$  é determinado mediante a eq. 2.18 (ÁVILA, 2018).

$$Id = \frac{\text{Avanço real em tempo}}{\text{Avanço programado em tempo}} \times \frac{\text{Custo programado}}{\text{Custo Real}} \quad [2.18]$$

A interpretação do índice é feita da seguinte forma. Caso  $Id = 1$ , pode-se dizer que o desempenho do projeto está de acordo com o cronograma previsto. Caso  $Id < 1$ , o empreendimento está atrasado em relação ao cronograma previsto. Finalmente, se  $Id > 1$ , o empreendimento está tendo desempenho melhor do que o previsto (ÁVILA, 2018).

A lógica por trás do  $Id$  é importante para o desenvolvimento dos índices aqui propostos. A principal contribuição é a noção de que um único índice pode exprimir a aderência a um determinado cronograma. Além disso, se considerarmos que o avanço descrito na eq. 2.18 puder ser medido em termos do valor financeiro executado do empreendimento, podemos simplificar a equação e utilizar apenas o primeiro termo. A explicação de como esses índices se comportam e como esta adaptação foi realizada é feita nas próximas subseções.

### 2.3.2 – Índice Geral de Aderência (IGA)

O Índice Geral de Aderência mostra o quanto o valor executado total até a etapa em análise está de acordo com o valor previsto total para a etapa em análise. Em outras palavras, informa de forma geral qual o atraso da obra. O IGA é calculado mediante a eq. 2.19 (MOREIRA, 2009).

Caso o IGA seja igual a 100%, a obra está seguindo o cronograma previsto; caso seja maior que 100%, entende-se que a obra estará adiantada; caso seja menor que 100% a obra estará atrasada. Contudo, o IGA não especifica a situação de cada um dos itens de serviço do empreendimento. Por isso, são necessários outros indicadores para compreender a situação real da obra (MOREIRA, 2009).

$$IGA = \left( \frac{\text{Valor Total Executado Acumulado}}{\text{Valor Total Previsto Acumulado}} \right) \times 100 \quad [2.19]$$

### 2.3.3 – Índice Específico de Aderência (IEA)

O IEA é o principal complemento ao IGA. Ele funciona da mesma forma mas se refere a cada item de serviço individualmente. Assim, pode-se identificar atrasos e problemas de forma mais objetiva e direta, já que este se refere a cada item individualmente. O IEA é calculado mediante a eq. 2.20. A forma de interpretação do IEA é idêntica à do IGA: caso seja igual a 100%, aquele item de serviço está acompanhando o cronograma previsto; caso seja maior que 100% aquele item em particular está adiantado; e caso seja menor que 100% o item está atrasado (MOREIRA, 2009).

$$IEA = \left( \frac{\text{Valor Específico Executado Acumulado}}{\text{Valor Específico Previsto Acumulado}} \right) \times 100 \quad [2.20]$$

### 2.3.4 – Índice de Insucesso de Empreendimento (IIE)

O IIE é o indicador que responde o principal questionamento do modelo de acompanhamento proposto: qual a probabilidade do empreendimento acabar no prazo previsto pelo cronograma vigente (MOREIRA, 2009). Para o cálculo deste índice faz-se necessária uma metodologia concreta de simulação, explicada no capítulo 3. Esta metodologia consiste em simular, para cada etapa não executada, um possível valor que será executado, com base em premissas bem estabelecidas e em uma distribuição de probabilidade adequada.

Este índice, assim como os outros, é expresso por meio de uma porcentagem. O objetivo do índice é estabelecer faixas de risco de insucesso do empreendimento. Por isso, diz-se que um IIE de até 30% representa um baixo risco de insucesso da obra; um IIE de 30 até 70% indica um risco médio de insucesso; enquanto que um IIE de mais de 70% indica alto risco de inconclusão (MOREIRA, 2009).

Vale ressaltar que um índice de 100%, neste caso, não representa necessariamente a certeza de inconclusão e nem um índice de 0% representa a certeza de conclusão. O que se pode e se busca afirmar com esses índices é que existe uma alta chance de conclusão ou inconclusão. No caso de um IIE muito baixo, é sinal de que as políticas empregadas até o momento funcionaram. Já para um IIE muito alto, a recomendação é uma revisão imediata do cronograma.

### 2.3.5 – Índice de Defasagem Total Média (IDTM)

O IDTM é um complemento à análise que pode ser feita pelo IIE. Este busca estabelecer, de forma geral, em qual quantidade os valores simulados se distanciaram do valor contratado. Em outras palavras, busca-se saber se os valores simulados divergiram muito ou pouco do valor total contratado.

Este é um elemento de análise importante, já que pode orientar a elaboração de novos cronogramas de forma mais eficiente. Sabendo, no caso simulado, quanto dinheiro faltará a ser executado pode ajudar a dimensionar o número de etapas. O IDTM é calculado pela eq. 2.21. (MOREIRA, 2009)

$$IDTM = \left( \frac{1 - \text{valor total médio simulado}}{\text{valor total contratado}} \right) \times 100 \quad [2.21]$$

### 2.3.6 – Curva S

A curva S é o único indicador gráfico utilizado neste modelo. Trata-se de uma representação gráfica do valor executado acumulado até determinada etapa, e pode ilustrar diversos valores. Dentre eles, o valor pode ser expresso dentro da unidade monetária vigente na região geográfica de execução do empreendimento. O nome advém do seu formato ideal, que se assemelha à letra S. Um dos principais usos deste indicador é o de auxílio na orçamentação e planejamento do cronograma da obra (BRANDLI, 2006).

A curva S tem esse formato ideal devido ao fato de que, dentro de projeto, é preferível concentrar a maior parte do valor executado nas etapas intermediárias do projeto. Isso significa que a curva que representar a execução por etapa individual terá formato parecido ao de uma curva normal ou gausseana com  $\mu$  igual à etapa mais intermediária do projeto. (COUTINHO, 2016).

Logo, pode-se dizer que, dada uma função  $f(t)$  que representa os gastos de um empreendimento em um determinado ponto de tempo  $t$ , a curva S é descrita pela eq. 2.22. Caso essa função seja  $f(x)$ , discreta e em função da etapa  $x$ , a curva S é descrita pela eq. 2.23. Um exemplo de Curva S é dado na figura 2.8, com dados da Tabela 2.1.

$$S(t) = \int_0^t f(z) dz \quad [2.22]$$

$$S(x) = \sum_{k=0}^x f(k) \quad [2.23]$$

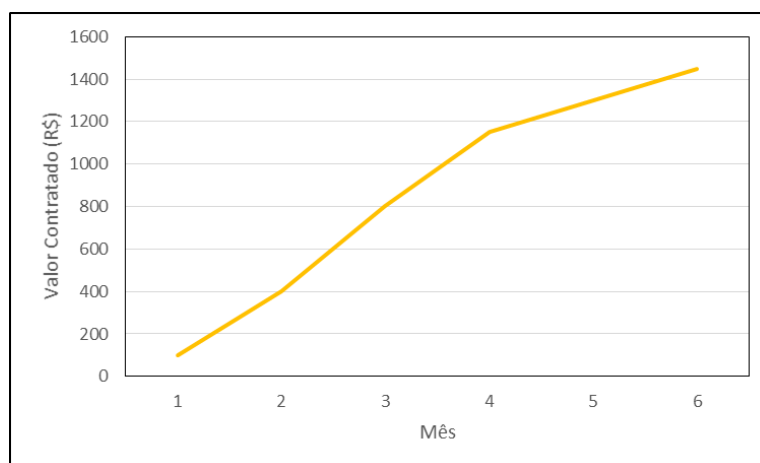


Figura 2.8 – Curva S traçada com base nos valores da Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Exemplo de Cronograma Financeiro

Mês	Valor Contratado (R\$)
1	100
2	300
3	400
4	350
5	150
6	150

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo trata sobre a implementação do método utilizado no trabalho e sobre as justificativas para as premissas adotadas no modelo. Algumas delas foram importadas diretamente de Moreira (2009), enquanto outras foram melhoradas e outras ainda foram criadas a partir de novas suposições feitas a respeito da natureza de obras públicas. Deve-se entender esta seção como um guia para reproduzir uma planilha com esta funcionalidade para determinado número de etapas.

Cada empreendimento é dividido em etapas temporais. Estas podem ser mensais, bimestrais, anuais e assim por diante. Logo, é feito um cronograma financeiro em cima dessas etapas. Ao final de cada etapa, é então feita uma medição (verificação de quanto foi gasto naquele período) para cada item de serviço. É a partir dessas medições que o método verifica a adesão ao cronograma original.

Um das premissas que se utilizam nesse método é que cada etapa de medição de valores executados tem duração isônoma. Isso quer dizer que a duração da etapa é irrelevante, já que todas terão a mesma duração e isso não terá peso sobre a ação dos indicadores (MOREIRA, 2009).

A segunda premissa importante é como se identifica o atraso do empreendimento. Entende-se que uma etapa está atrasada quando se gastou menos do que se pretendia gastar naquela etapa. Já um empreendimento estará adiantado quando se executa uma maior parte do orçamento do que se originalmente previu (MOREIRA, 2009).

Há ainda uma terceira premissa que é central ao trabalho: entende-se que o trabalho está terminado quando se gastou todo o dinheiro que originalmente se pretendia gastar, ou seja, quando o valor total executado iguala o valor total contratado. Ou seja, uma determinada ação é considerada feita quando se executou o dinheiro destinado a ela (MOREIRA, 2009).

Utilizou-se uma planilha do Microsoft Excel para realizar o trabalho. A planilha é semi-automatizada, no sentido de que o usuário deve entrar com alguns parâmetros de entrada e a planilha realiza os cálculos necessários e devolve os indicadores desejados.



O arquivo tem, essencialmente, quatro partes, todas interligadas: a planilha de resumo das informações, a planilha de valores contratados, a planilha de valores executados e as planilhas de simulação. A planilha de resumo das informações é aonde se apresentam os principais dados e indicadores já processados e apresentados nas outras planilhas. Em outras palavras, é uma planilha de visualização que existe caso o usuário deseje olhar as informações mais substanciais de forma rápida e eficiente.

A planilha de valores contratados é o molde para a execução de empreendimento. É nela que se inserem a pretensão de gasto por item de serviço a cada etapa de medição e os dados do contrato original. Estes são inseridos manualmente pelo usuário.

A planilha de valores executados é a planilha onde se inserem manualmente os dados coletados a cada medição do empreendimento. Nela se realizam alguns cálculos de indicadores e se apresentam de forma mais concisa os resultados das simulações.

As planilhas de simulação são tantas quanto forem as etapas do empreendimento a menos de uma. Isso acontece porque não existe motivo para se fazer uma simulação após o término da última etapa do empreendimento, quando este já acabou. Escolheu-se separar as simulações feitas para cada etapa do empreendimento devido ao grande número de tabelas envolvidos a cada etapa. Além disso, o trabalho de referenciar determinadas células fica mais simples.

Na figura 3.1, está representado um fluxograma do método, onde está detalhado o fluxo de informação de forma resumida. É uma ferramenta importante para acompanhar a explicação detalhada do funcionamento de cada planilha feita nas seções seguintes. É explicado, de forma sucinta, o funcionamento do aplicativo Excel e, por último, serão descritos os resultados de alguns estudos de caso mais simples, realizados para determinar a sensibilidade de cada parâmetro a diferentes situações.

### **3.1 – Excel**

O Excel é um programa utilizado para preparar e realizar cálculos com planilhas. É útil para preparar gráficos, tabelas e outros recursos gráficos, além de organizar dados. (FILHO, 2010). Uma planilha em branco do Excel está mostrada na Figura 3.2. Realizou-se a escolha por utilizar este aplicativo pelo fato de que a metodologia emprega muito o uso de tabelas, pelo

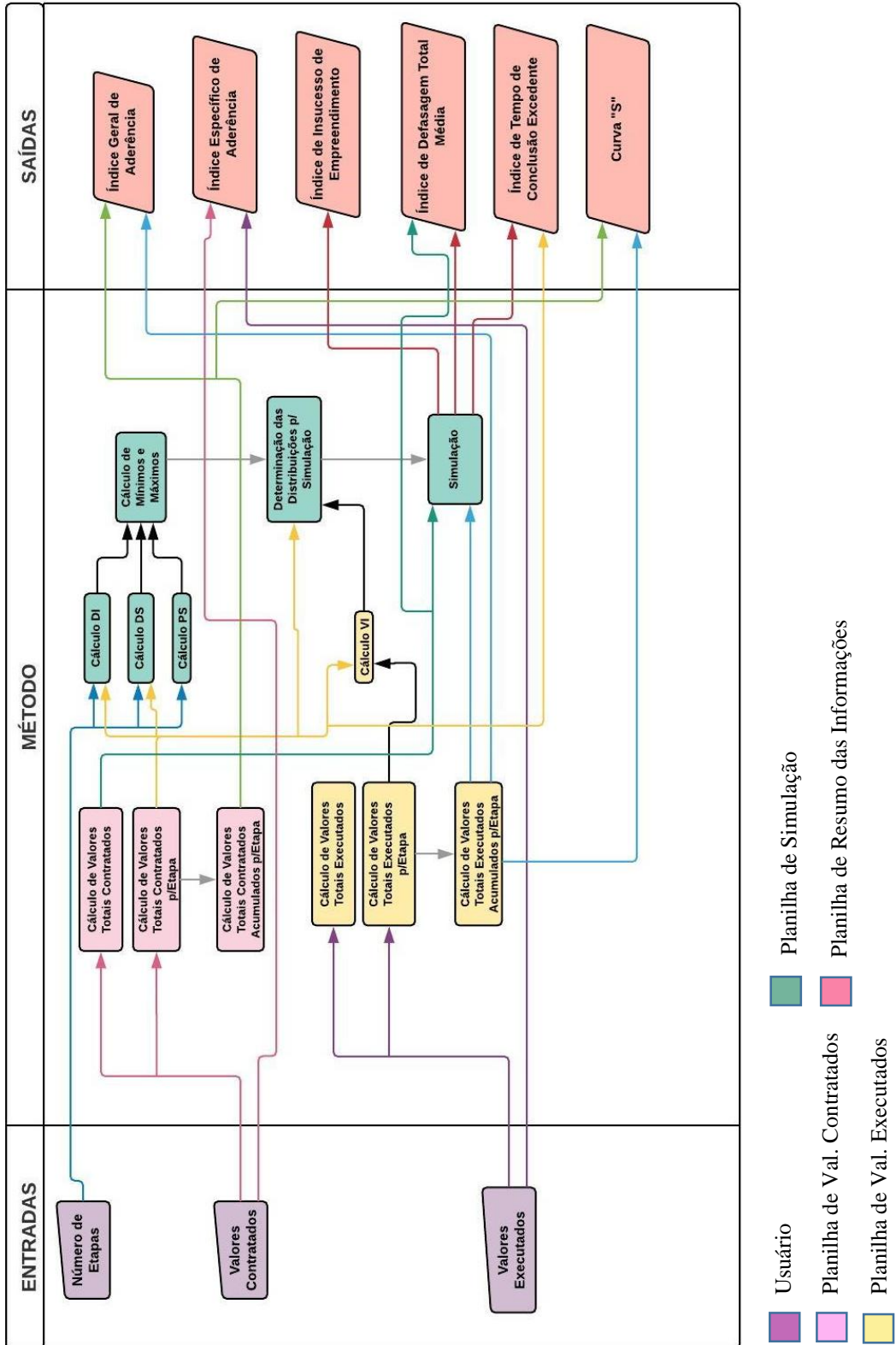


Figura 3.1 – Fluxograma do Método Utilizado

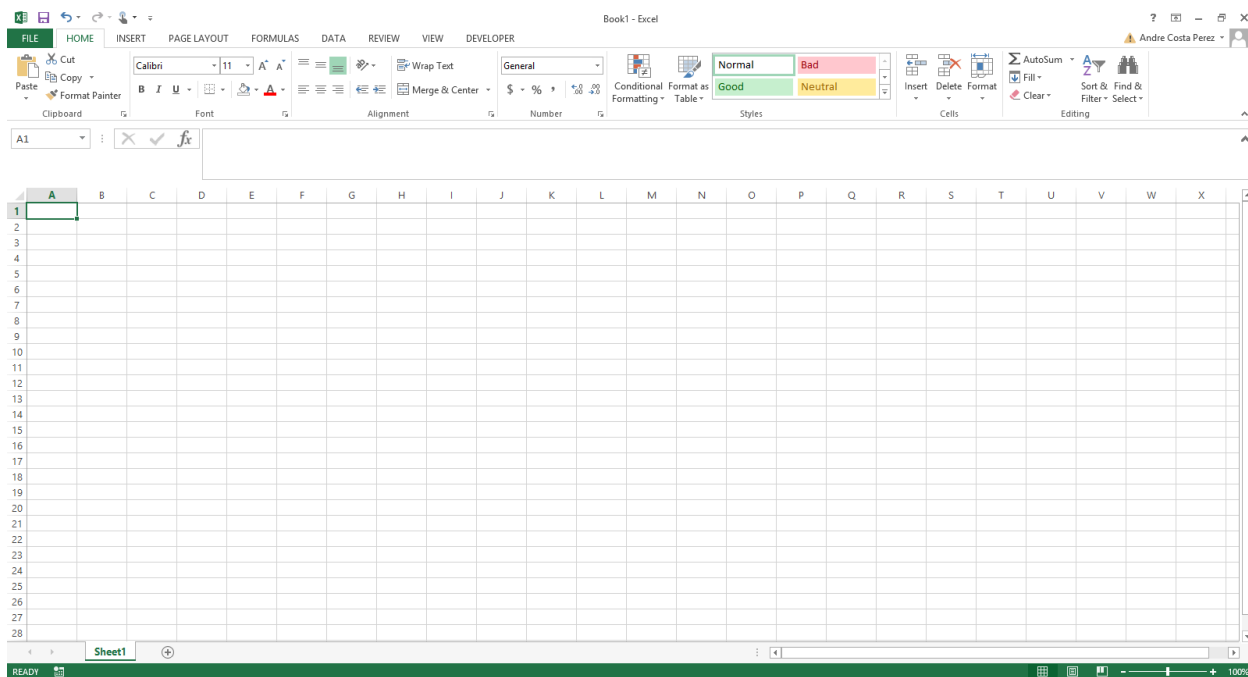


Figura 3.2 – Planilha em branco do programa Excel

manuseio do programa ser simples e pela sua capacidade de realizar contas complexas rapidamente.

Pode-se criar mais de uma planilha e ligá-la a outras planilhas dentro ou fora do mesmo arquivo. Este recurso é fundamental para separar informações com diferentes teores e manter as planilhas organizadas. A planilha constitui-se de um agrupamento de quadrados, os quais se denominam células. A coordenada horizontal da célula é denominada coluna e a coordenada vertical da célula é denominada linha. Cada célula armazena uma determinada informação, que pode ser composta de números ou texto (ESEP, 2010).

Para inserir informação em uma determinada célula, basta apertar o botão do mouse sobre a célula e começar a digitar. Além disso, existem recursos gráficos como colorir determinadas células, inserir divisórias visíveis entre as células e unificar células.

Um recurso fundamental utilizado neste trabalho são as funções. Uma função realiza, a partir de dados inseridos pelo usuário ou outras áreas da planilha, cálculos matemáticos e retorna um determinado valor (ESEP, 2010). Para entrar uma função em determinada célula, utiliza-se a seguinte sintaxe: =NOMEDAFUNCAO(argumentos). As funções também realizam tarefas tais como: determinar o maior número em um aglomerado de células, gerar números randômicos, realizar somas, entre outros.

### 3.2 – Descrição da Planilha

Nesta subseção, será detalhado, para cada parte da planilha, as partes que a compõem, os processos realizados, as fórmulas utilizadas e os demais elementos do seu funcionamento.

#### 3.2.1 – Planilha de Resumo das Informações

A planilha de resumo das informações contém dois elementos importantes: a tabela de resumo das informações e a Curva “S”. A Tabela 3.1 mostra um exemplo desta tabela, construída para um caso hipotético de empreendimento em três etapas, a exemplo dos que serão analisados nos estudos de caso. É importante destacar que todas as células que contêm valores numéricos são automatizadas, exceto quando descrito.

Tabela 3.1 – Exemplo de Planilha de Resumo das Informações

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	50,00%	66,67%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	75,00%	83,33%	100,00%		
	Valor	IIE	65,72%	42,11%	-		
	Faixa de Risco	IIE	MÉDIO	MÉDIO	-		
	Valor	IDTM	1,06%	-0,29%	-		
	Valor	ITCE		1	1	0	

As primeiras três linhas da tabela dizem respeito aos itens de serviço. Aqui, mostra-se, para cada item, o seu respectivo Índice Específico de Aderência (IEA), calculado segundo a eq. 2.20 utilizando os valores acumulados por etapa por item de serviço das planilhas de valores contratados e de valores executados.

O restante das linhas da tabela mostra informações gerais de cada etapa, levando em consideração a soma de todos os itens de serviço. Para cada etapa é calculado o Índice Geral de Aderência (IGA), com as informações das planilhas de valores contratados e de valores utilizados e utilizando a eq. 2.19.

Mais abaixo estão os valores do Índice de Insucesso de Empreendimento (IIE), Índice de Defasagem Total Média (IDTM) e Índice de Tempo de Conclusão Excedente (ITCE). Estes valores foram resgatados diretamente da Planilha de Valores Executados. É importante ressaltar que não há IIE ou IDTM avaliado na 3ª e última etapa pois não cabe a simulação após a conclusão desta etapa.

A novidade seria a célula de Faixa de Risco do IIE, que utiliza um condicional IF para determinar, com base no indicador, qual o risco de o empreendimento não terminar no cronograma previsto. Ao contrário do trabalho realizado por Moreira (2009), optou-se por alterar as faixas de risco. Sendo assim, uma faixa de risco baixa tem um IIE entre 0% e 40%; uma faixa de risco média tem um IIE entre 40% e 80%; e uma faixa de risco alta tem um IIE entre 80% e 100%. Esta alteração foi feita para se adequar ao comportamento observado do indicador dadas as alterações realizadas na parte de simulação.

Ainda há a célula de número de etapas, que apenas verifica o número de colunas de etapa existente e a única célula de preenchimento manual desta planilha que é a de número de cronogramas, para acompanhamento do usuário.

Nesta planilha ainda está exposta a Curva “S” do empreendimento. A figura 3.2 mostra a curva “S” para o caso ilustrado na Tabela 3.1. A curva utiliza valores acumulados da planilha de valores contratados (Cronograma 0) e valores acumulados da planilha de valores executados (Medição). Além desta, ainda está apresentada a evolução temporal do IGA, do IIE, do IDTM e do ITCE por etapa, como mais instrumento de análise.

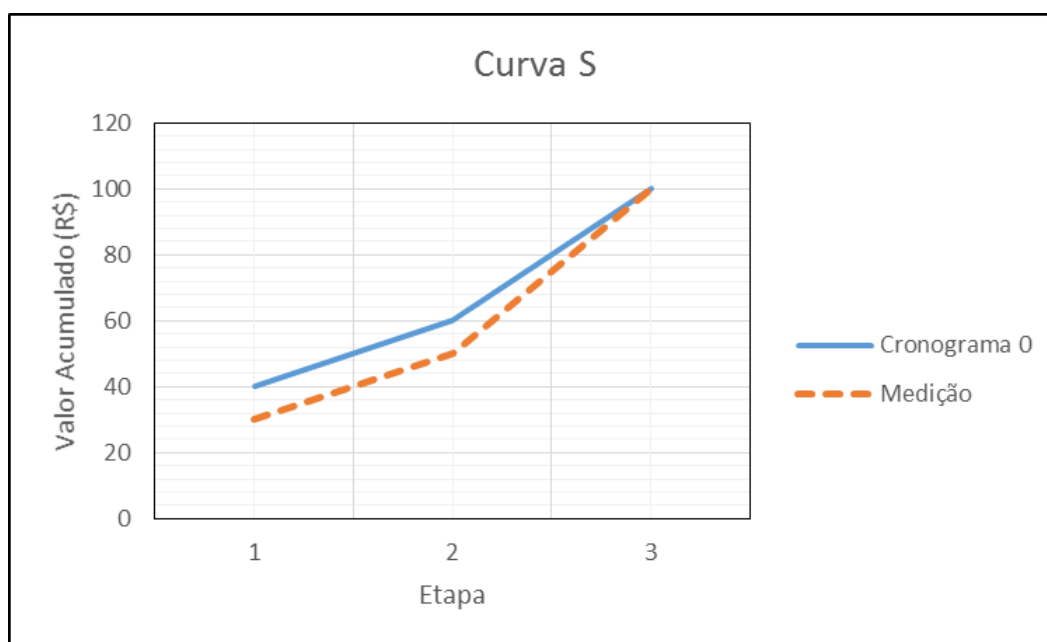


Figura 3.3 – Curva S referente às informações do caso ilustrado da Tabela 3.1

### 3.2.2 – Planilha de Valores Contratados

Esta planilha é composta pelas Tabelas 3.2 e 3.3, que mostram, respectivamente, os valores contratados total e por etapa por item de serviço e os valores contratados acumulados por etapa por item de serviço.

Tabela 3.2 – Exemplo de Tabela de Valores Contratados por Etapa

Valores por etapa					
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	Total
1	Materiais	10	5	10	25
2	Mão-de-Obra	10	5	10	25
3	Propaganda	20	10	20	50
Total p/Etapa	-	40	20	40	100
% em Rel Ao Valor total contratado	-	40%	20%	40%	X

Tabela 3.3 - Exemplo de Tabela de Valores Contratados Acumulados por Etapa

Valores Acumulados					
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	Total
1	Materiais	10	15	25	25
2	Mão-de-Obra	10	15	25	25
3	Propaganda	20	30	50	50
Total p/Etapa	-	40	60	100	100

Ao contrário da Planilha de Resumo das Informações, há uma grande parte de preenchimento manual na Tabela 3.2. Deve-se preencher, para cada item de serviço, o valor que será despreendido naquele ítem a cada etapa. A partir disso, as células localizadas na linha “Total p/ Etapa” calculam o somatório de cada etapa e as células na Coluna “Total” calculam o somatório geral e de cada item de serviço de forma automática. Ainda se calcula o porcentagem de cada etapa em relação ao valor total contratado de forma automática nas células da última linha.

Os valores numéricos da Tabela 3.3 são completamente automatizados. A cada etapa, verifica-se quanto deve ser gasto com cada item de serviço e em geral até aquele ponto. Isto é feito somando o valor gasto naquela etapa, verificado na Tabela 3.2, com o valor da célula imediatamente à esquerda (valor acumulado até a etapa anterior).

### 3.2.3 – Planilha de Valores Executados

Novamente, assim como na Planilha de Valores Contratados, encontram-se duas tabelas na Planilha de Valores Executados. A Tabela 3.4 é a tabela que é preenchida pelo usuário com os dados da medição. É nesta tabela, também, que são resumidos vários indicadores, explicados a seguir. A Tabela 3.5 é a que mostra os valores acumulados até determinada etapa.

Tabela 3.4 – Exemplo de Tabela de Valores Executados por Etapa e seus Índices

Valores por Etapa					
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	Total
1	Materiais	10	5	10	25
2	Mão-de-Obra	10	5	10	25
3	Propaganda	10	10	30	50
Total p/Etapa	-	30	20	50	100
% em Rel Ao Valor total Executado	-	30%	20%	50%	X
VI		0,75	0,875	1	-
IIE		64,96%	42,38%	-	-
IDTM		1,04%	-0,31%	-	-
VFM		2,05	5,79	0	-
ITCE		1	1	0	-

Tabela 3.5 - Exemplo de Tabela de Valores Executados Acumulados por Etapa

Valores Acumulados					
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	Total
1	Materiais	10	15	25	25
2	Mão-de-Obra	10	15	25	25
3	Propaganda	10	20	50	50
Total p/Etapa	-	30	50	100	100

Na Tabela 3.4, preenchem-se os dados relativos a cada item de serviço a cada etapa de medição, na respectiva linha e coluna. As células na linha “Total p/ etapa” calculam automaticamente o total de cada etapa e o total gasto no empreendimento em geral, enquanto que as células na coluna “Total” localizadas até o “X” calculam o total gasto com cada item de serviço e no geral. Ainda existe o cálculo de qual porcentagem em relação ao valor total empreendido que cada etapa representa, realizado na linha “% em Rel Ao Valor Total Executado”.

As linhas seguintes começam a tratar de alguns parâmetros e indicadores importantes para a análise. O valor médio de completude (denotado por VI) é uma média da proporção das etapas anteriores, incluindo a etapa em análise, que foram concluídas. Seu cálculo é feito utilizando a função AVERAGE() (que realiza o cálculo da média aritmética) e toma como argumentos o valor

executado total em cada etapa dividido pelo respectivo valor total contratado. O VI é utilizado na determinação de vários parâmetros de simulação.

As seguintes duas linhas finalizam o cálculo do IIE, começado na Planilha de Simulação, e realizam o cálculo do IDTM pela eq. 2.21, respectivamente. Novamente, é importante ressaltar que não se calcula o IIE para a última etapa, pois ele necessariamente será de 0%, caso o empreendimento haja acabado, ou de 100% caso este não esteja terminado e seja necessário a elaboração de novo cronograma. O IDTM, por ser um parâmetro pertinente para a simulação e que complementa a análise do IIE também não é calculado na etapa final.

Na linha seguinte está um parâmetro inédito que busca responder a seguinte pergunta: caso o empreendimento não seja concluído, quantas etapas adicionais serão necessárias? O intuito desse índice é justamente ajudar na elaboração de novos cronogramas e é chamado de Valor Faltante Médio (VFM). Este nada mais é do que a média de valor faltante para o fim do empreendimento no universo das simulações onde o empreendimento não terminou.

Analiticamente, o VFM pode ser representado pela eq. 3.1, dado que  $f_i$  denota o valor obtido a cada simulação por meio da subtração do valor total simulado do valor total contratado, dado que este seja positivo, supondo que existem  $n$  valores positivos de  $f_i$  no universo de simulação e com  $i = \{1,2,3,\dots,n-1,n\}$  (um valor negativo de  $f_i$  significaria um caso da simulação onde o empreendimento acabou).

$$\boxed{VFM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_i} \quad [3.1]$$

A partir do VFM, calcula-se um índice inédito, já apresentado na Planilha de Resumo das Informações. Este é o Índice de Tempo de Conclusão Excedente (ITCE), que é um número inteiro que representa a quantidade de etapas adicionais necessárias para o fim do empreendimento caso este não seja terminado no cronograma vigente. Naturalmente, estas etapas adicionais possuem exatamente a mesma duração de todas as etapas de medição realizadas até então.

Este número é obtido pela divisão do VFM pela média dos valores contratados de cada etapa. Analiticamente, esta divisão (denotada por  $div$ ) é encontrada por meio da eq. 3.2, para um dado VFM, número  $n$  de etapas e valores contratados por etapa denotados por  $VCE_i$ , onde  $i = \{1,2,3,\dots,n-1,n\}$ . O resultado da divisão é então arredondado para cima para determinação do índice.



$$div = \frac{VFM}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n VCE_i} \quad [3.2]$$

Por último, temos a Tabela 3.5 que é quase idêntica, em termos de funcionalidade, à Tabela 3.3. Esta tabela resume os valores executados acumulados a cada etapa. É, assim como a Tabela 3.3, completamente automatizada.

### 3.2.4 – Planilhas de Simulação

As planilhas de simulação são a componente mais complexa do trabalho. Conforme dito anteriormente, há uma planilha correspondente a cada etapa do empreendimento com exceção da última etapa, visto que nela não há necessidade de simulação.

Cada uma dessas planilhas contém uma seção para união das informações e uma macro-tabela correspondente a cada etapa futura a ser simulada. Por exemplo, depois de feita a 1ª medição (após a 1ª etapa), é necessário simular todas as etapas seguintes. Por isso, na planilha correspondente às simulações da 1ª etapa, haverá uma macro-tabela para cada uma das etapas seguintes a partir da 2ª. No caso da 2ª etapa, haverá uma macro-tabela para cada etapa seguinte a partir da 3ª, e assim por diante.

No exemplo ilustrativo utilizado para explicar a funcionalidade das planilhas, está-se utilizando como base um empreendimento de três etapas. Isso significa que há duas planilhas de simulação – uma correspondente à 1ª etapa e outra correspondente à 2ª etapa. Na planilha correspondente à 1ª etapa, há macro-tabelas que correspondem à 2ª e 3ª etapas. Na planilha referente à 2ª etapa, há apenas a macro-tabela correspondente à 3ª etapa.

O objetivo da Macro-Tabela é calcular os parâmetros associados a cada etapa e então gerar uma amostra com valores simulados com base nesses parâmetros, utilizando-se da técnica descrita por “JackBean” (2010). Cada um desses valores simulados é um possível valor futuro da etapa. Os valores gerados em cada etapa simulada são então somados ao valor total já executado para tentar prever o valor executado do empreendimento ao final do cronograma vigente.

A figura 3.4 mostra a macro-tabela como um todo. Trata-se de uma tabela com complexidade bastante alta. Por isso, cada parte será explicada separadamente. Finalmente, detalhará-se a parte de cada Planilha de Simulação que junta as informações geradas por essas macro-tabelas, mostrada na figura 3.4. A não ser pela introdução manual de algum parâmetro, estas planilhas são completamente automatizadas, pois as informações necessárias são retiradas

das Planilhas de Valores Contratados e de Valores Executados. Como os valores aleatórios foram gerados com auxílio da função RAND(), sempre que se insere algum valor novo na planilha, os valores aleatórios são atualizados.

Etapa 2	VEE min	15	VEE max	24			
Desv. Padrão	2	Minimo	15	Desv. Padrão Gerado	0,877024951	Coef. Assimetria	0,5
Média	21	Maximo	24	Média Gerada	22,98545309	DS	1,2
# Amostras	10000	# Intervalos	100	Soma Normalizada	7,1625E-06	PS	1
Distribuição Normal	Normalizada	Acumulada	Intervalos	Contagem p/ Intervalo	Sorteio	DI	1
4,38585E-14	6,12336E-09	0	15,09090909	0	23,90909091		
5,85638E-14	8,17645E-09	1,43E-08	15,18181818	0	23,18181818		
7,79986E-14	1,08899E-08	2,519E-08	15,27272727	0	23,63636364		
1,03616E-13	1,44665E-08	3,9656E-08	15,36363636	0	23,63636364		
1,37294E-13	1,91684E-08	5,8825E-08	15,45454545	0	23,90909091		
1,8145E-13	2,53334E-08	8,4158E-08	15,54545455	0	22,27272727		
2,39192E-13	3,33951E-08	1,1755E-07	15,63636364	0	21,72727273		
3,14499E-13	4,39091E-08	1,6146E-07	15,72727273	0	22,72727273		
4,12453E-13	5,75851E-08	2,1905E-07	15,81818182	0	23,27272727		
5,39526E-13	7,53265E-08	2,9437E-07	15,90909091	0	22,45454545		
7,03937E-13	9,82809E-08	3,9265E-07	16	0	22,90909091		
9,16089E-13	1,27901E-07	5,2056E-07	16,09090909	0	23,54545455		
1,18912E-12	1,6602E-07	6,8658E-07	16,18181818	0	22,27272727		
1,53956E-12	2,14947E-07	9,0152E-07	16,27272727	0	23,54545455		
1,98815E-12	2,77578E-07	1,1791E-06	16,36363636	0	22		

Figura 3.4 – Macro Tabela referente a uma etapa simulada

Número de Etapas	2	CONTA	VTS	Menor do que VEC?	VF
Intervalo D	0,2	6967	99,60606	1	0,393939
Intervalo P	0,1		99,06061	1	0,939394
			101,3939	0	0
			100,697	0	0
			99,60606	1	0,393939
			100,303	0	0
			95,66667	1	4,333333
			99,72727	1	0,272727
			96,87879	1	3,121212
			99,33333	1	0,666667
			100,7273	0	0
			99,9697	1	0,030303
			100,6364	0	0
			99,39394	1	0,606061
			99,57576	1	0,424242
			95,33333	1	4,666667
			96,36364	1	3,636364
			101,7576	0	0
			99,57576	1	0,424242
			99,9697	1	0,030303
			101,3636	0	0
			98,57576	1	1,424242
			100,7879	0	0
			98,27273	1	1,727273

Figura 3.5 – Parte da Tabela que junta as informações geradas pelas Macro Tabelas

### 3.2.4.1 – Determinação dos Parâmetros pertinentes a VEE min e VEE max

Aqui utiliza-se a metodologia proposta por Moreira (2009) para determinação de uma faixa de valores onde simular. Essa faixa é limitada por um Valor Mínimo Estimado (VEEmin) e por um Valor Máximo Estimado (VEEmax). A Tabela 3.6 mostra a parte da Macro Tabela

responsável por determinar os parâmetros utilizados para determinar esses limites. Estes parâmetros são multiplicadores que serão utilizados nos Valores Contratados (VEC) para cada etapa e são renovados em cada Planilha de Simulação. As expressões para VEE<sub>max</sub> e VEE<sub>min</sub> são apresentadas nas eqs. 3.3 e 3.4, respectivamente.

$$\boxed{VEE_{max} = VEC * DS * PS} \quad [3.3]$$

$$\boxed{VEE_{min} = VEC * DI * VI} \quad [3.4]$$

Tabela 3.6 – Parte da Planilha responsável por determinar DS, PS e DI

DS	1,2
PS	1
DI	1

Para determinação desses índices, utilizaram-se duas premissas. A primeira é que quanto mais cara a etapa, ou seja, quanto maior a sua dimensão (quanto mais cara ela for), mais passível ela é de atraso por ter uma maior complexidade. Assim, pode-se determinar DS (Dimensão Superior) e DI (Dimensão Inferior). Caso a etapa em questão seja a mais barata, é atribuído o valor 1,2 para DS e 1,0 para DI. Se a etapa for a mais cara, é atribuído 1,0 para DS e 0,8 para DI. As etapas intermediárias irão receber valores de DI e DS que variam linearmente entre os atribuídos para os casos mais caro e mais barato. Na planilha, as células à direita de DI e DS comparam os valores contratados de cada etapa por meio de um condicional IF para determinar qual é o maior valor e, a partir dessa comparação, são atribuídos os valores adequados. Para atribuição desses valores, é utilizada a Tabela de intervalos (Tabela 3.9).

Partindo dessas informações e das equações 3.3 e 3.4, é possível observar que o VEE<sub>max</sub> da etapa mais cara será sempre, no máximo, igual ao valor contratado e que VEE<sub>min</sub> será, muito provavelmente, abaixo do valor contratado. Isso indica que, para esta etapa, provavelmente se observará um atraso pois estará abaixo do valor previsto. Da mesma forma, para a etapa mais barata, VEE<sub>max</sub> será quase sempre maior do que o valor contratado e VEE<sub>min</sub> será no máximo o valor contratado. Assim, espera-se observar um valor próximo ao valor contratado, o que é coerente com a premissa adotada pois ela implica que se etapa for mais barata, ela será mais facilmente controlada.

A segunda premissa adotada é a de que, quanto mais avançada for a etapa, mais passível ela será de atraso. Por isso, na determinação de PS (Posição Superior) leva-se em consideração a

posição da etapa. Para a etapa mais imediata, atribui-se um valor de 1,0 para PS e para a última etapa, atribui-se 0,9 para o PS. Este parâmetro também é calculado com base na tabela de intervalos (Tabela 3.9).

Isto, de acordo com a eq. 3.3, abaixa o valor de VEE<sub>max</sub> para as etapas mais ao final do empreendimento, concretizando a hipótese. Além disso, não se utiliza parâmetro de posição para determinação de VEE<sub>min</sub> por entender que o objetivo de PS é ilustrar uma tendência de que a etapa tenha mais facilidade de atrasar. Por isso, o limite superior deve ser mais próximo do valor contratado que o limite inferior.

Por último, conforme mostrado na eq. 3.4, também utiliza-se o mesmo parâmetro VI da Tabela 3.4. Como a probabilidade deste parâmetro ser menor do que 1 é maior do que a probabilidade deste ser maior do que 1 (empreendimentos tendem a atrasar), entende-se que ele é mais pertinente na representação de um possível atraso. Ao ser utilizado como multiplicador de VEE<sub>min</sub>, aumenta-se a parte da faixa de valores que está abaixo do valor contratado, ilustrando a maior possibilidade de atraso.

### 3.2.4.2 – Geração da Curva de Distribuição de Probabilidade

Esta parte da tabela recebe os parâmetros de outras planilhas pertinentes para gerar uma amostra com distribuição normal assimétrica. VEE<sub>min</sub> e VEE<sub>max</sub> são calculados diretamente a partir das equações 3.3 e 3.4. Foram determinadas fórmulas para os outros parâmetros com base em observações empíricas acerca do comportamento dos indicadores frente a determinadas variações dos valores contratados e executados.

Tabela 3.7 – Parte da Planilha de Simulação responsável por receber os parâmetros relativos à geração da amostra para simulação

Etapa 2	VEE min	15	VEE max	24			
Desv. Padrão	2	Minimo	15	Desv. Padrão Gerado	0,877024951	Coef. Assimetria	0,5
Média	21	Maximo	24	Média Gerada	22,98545309	DS	1,2
# Amostras	10000	# Intervalos	100	Soma Normalizada	7,1625E-06	PS	1

Escolheu-se a distribuição normal assimétrica, ao contrário da distribuição uniforme para geração da amostra, por se entender que os valores próximos à moda e a média são mais possíveis de ocorrer do que valores mais distantes. Escolheu-se trabalhar com a normal assimétrica para representar melhor a tendência de um determinado empreendimento adiantar ou atrasar as etapas futuras, pois esta distribuição desloca a moda (a qual foi igualada ao valor contratado para a etapa)

para um valor mais alto ou valor mais baixo. Isso faz com que, dependendo do andamento, a maior parte dos valores possíveis deixem de orbitar o valor contratado (vide figura 2.7).

O desvio-padrão é calculado de acordo com a eq. 3.5. A premissa utilizada é que a base para o espalhamento da amostra deveria ser o comprimento do Valor Contratado, já que os valores simulados terão como base este valor. O valor 12 do denominador é um parâmetro de escala; é o valor encontrado que faz com que o desvio-padrão siga as premissas estabelecidas. Valores maiores tornam as amostras demasiado concentradas em torno do valor contratado e não permitem um eventual espalhamento e valores menores que 12 causam um espalhamento grande dos pontos. Também é dividido pelo VI; o motivo disso é que caso tenha-se uma obra mais atrasada, o valor do desvio padrão sobe, gerando maior espalhamento dos dados e refletindo a incerteza acerca do empreendimento. A recíproca é verdadeira – quanto menor o desvio padrão, mais concentrados serão os valores simulados e se terá mais certeza acerca do resultado do empreendimento.

$$\sigma = \frac{VCE}{12 \cdot VI} \quad [3.5]$$

Se utilizou a eq. 2.16, baseada no Coeficiente de Assimetria Pearson, para determinação da média. Dessa forma, podemos situar a moda da amostra gerada próxima ao valor contratado. A média fica também em função do fator de assimetria e do desvio padrão.

Na parte que denota mínimo e máximo, recebem-se os valores de VEEmin e VEEmax, respectivamente, a não ser que estes coloquem o valor contratado para fora da faixa simulada. Neste caso, se o VEEmin for maior que o valor contratado, o valor mínimo passa a ser o valor contratado dividido por um fator de 1,2. Da mesma forma, se VEEmax for menor que o valor contratado, o valor máximo da faixa é substituído pelo valor contratado multiplicado por um fator de 1,2. Dessa forma, impede-se que os valores simulados sejam muito aquém da realidade e inclui-se o valor contratado dentro das possibilidades de simulação.

O número de amostras coletadas foi determinado com base nos utilizados pela literatura. Severino (2008) utilizou 2000 amostras para simulação. Por se tratar de uma técnica de simulação em desenvolvimento, achou-se prudente aumentar o número de amostras para 10000. Este número é inserido manualmente na célula à direita da célula “# Amostras”. A célula à direita da célula “# intervalos” determina quantos pontos serão gerados na faixa determinada por “Mínimo” e “Máximo”. Estes pontos terão maior ou menor probabilidade de serem sorteados dependendo

da probabilidade associada a cada um deles. Em outras palavras, correspondem aos valores do eixo das abcissas da distribuição normal. Para este caso, escolheu-se arbitrariamente que o intervalo seja composto por 100 pontos.

Finalmente, o coeficiente de assimetria é determinado utilizando a eq. 3.6. Esta fórmula implica que, no modelo proposto, o coeficiente é função da porcentagem do empreendimento terminado. Ou seja, quando o VI é próximo de 1 (raramente, na vida real, vemos um VI acima de 1 já que é raro um empreendimento estar adiantado) temos uma normal com obliquidade positivo. Nesse caso, a maior parte dos valores simulados será maior que a moda (valor aproximado do valor contratado) mostrando a tendência a que se cumpra o cronograma. Já para valores de VI mais baixos, teremos uma curva com obliquidade negativa. Isso mostra uma tendência ao atraso dos empreendimentos, já que a maioria dos valores simulados tenderá a ser menor do que a moda (valor contratado). Os valores de escala (-1 e 2) foram escolhidos com base em observações empíricas relativas a testes feitos com a planilha e foram determinados como sendo os valores que produziram os resultados mais coerentes.

$$\lambda = -1 + 2 * VI \quad [3.6]$$

Esta parte ainda calcula a média e o desvio padrão das amostras geradas a partir da distribuição. Geralmente estes são diferentes, pelo fato do intervalo não conter toda a distribuição e por estar deslocada a depender dos parâmetros. Na parte de soma normalizada, é feito somatório de todas as probabilidades da coluna “Distribuição Normal”, explicada a seguir.

### 3.2.4.3 – Geração de Amostras

A parte de geração das amostras com base nos parâmetros da Tabela 3.7 está mostrada na Tabela 3.8. Não estão representadas todas as linhas da tabela por esta possuir mais de 10.000 linhas. Contudo, o exposto é suficiente já que a funcionalidade de cada linha é idêntica.

Na Coluna “Intervalos”, são gerados os pontos do eixo das abcissas que serão utilizados para montar a distribuição com base nos valores de máximo e mínimo estabelecidos, por meio da eq. 3.7. A primeira fração é o intervalo I entre dois pontos. Este intervalo é multiplicado pelo valor da linha, de forma que a cada nova linha, o valor somado ao mínimo é igual ao valor da linha anterior acrescido de I. Com esta fórmula, e considerando o número de pontos igual a 100, geram-se 100 pontos entre os valores de mínimo e máximo.

$$x = \frac{\text{Maximo} - \text{Minimo}}{1 - \# \text{ pontos}} * (\text{Linha} - 5) + \text{Minimo} \quad [3.7]$$

Logo mais, cada ponto determinado é utilizado para calcular a sua probabilidade dentro da distribuição proposta por meio da eq. 2.7, em que z é igual ao ponto em cada linha e λ é igual ao coeficiente determinado na Tabela 3.7. Estes valores são então divididos pela Soma Normalizada também determinada na Tabela 3.7 na coluna “Normalizada”.

Tabela 3.8 – Parte da Planilha de Simulação onde são geradas os valores simulados

Distribuição Normal	Normalizada	Acumulada	Intervalos	Contagem p/ Intervalo	Sorteio
4,38585E-14	6,12336E-09	0	15,09090909		0 23,90909091
5,85638E-14	8,17645E-09	1,43E-08	15,18181818		0 23,18181818
7,79986E-14	1,08899E-08	2,519E-08	15,27272727		0 23,63636364
1,03616E-13	1,44665E-08	3,9656E-08	15,36363636		0 23,63636364
1,37294E-13	1,91684E-08	5,8825E-08	15,45454545		0 23,90909091
1,8145E-13	2,53334E-08	8,4158E-08	15,54545455		0 22,27272727
2,39192E-13	3,33951E-08	1,1755E-07	15,63636364		0 21,72727273
3,14499E-13	4,39091E-08	1,6146E-07	15,72727273		0 22,72727273
4,12453E-13	5,75851E-08	2,1905E-07	15,81818182		0 23,27272727
5,39526E-13	7,53265E-08	2,9437E-07	15,90909091		0 22,45454545
7,03937E-13	9,82809E-08	3,9265E-07	16		0 22,90909091
9,16089E-13	1,27901E-07	5,2056E-07	16,09090909		0 23,54545455
1,18912E-12	1,6602E-07	6,8658E-07	16,18181818		0 22,27272727
1,53956E-12	2,14947E-07	9,0152E-07	16,27272727		0 23,54545455
1,98815E-12	2,77578E-07	1,1791E-06	16,36363636		0 22
2,56086E-12	3,57537E-07	1,5366E-06	16,45454545		0 24
3,29007E-12	4,59347E-07	1,996E-06	16,54545455		0 23,54545455
4,21608E-12	5,88633E-07	2,5846E-06	16,63636364		0 23,72727273
5,38884E-12	7,52369E-07	3,337E-06	16,72727273		0 22,54545455
6,87013E-12	9,59181E-07	4,2962E-06	16,81818182		0 23,81818182
8,73611E-12	1,2197E-06	5,5159E-06	16,90909091		0 24
1,10804E-11	1,547E-06	7,0629E-06	17		0 22,18181818
1,40176E-11	1,95708E-06	9,02E-06	17,09090909		0 22,36363636
1,76879E-11	2,46952E-06	1,1489E-05	17,18181818		0 21,09090909
2,2262E-11	3,10813E-06	1,4598E-05	17,27272727		0 22,45454545
2,79469E-11	3,90184E-06	1,8499E-05	17,36363636	1	22
3,49935E-11	4,88566E-06	2,3385E-05	17,45454545	0	22,63636364
4,37043E-11	6,10183E-06	2,9487E-05	17,54545455	1	22,54545455
5,44434E-11	7,60117E-06	3,7088E-05	17,63636364	1	22,63636364
6,76471E-11	9,44463E-06	4,6533E-05	17,72727273	0	22,27272727
8,38373E-11	1,1705E-05	5,8238E-05	17,81818182	0	22,36363636
1,03636E-10	1,44692E-05	7,2707E-05	17,90909091	0	23
1,2778E-10	1,78402E-05	9,0547E-05	18	0	23,81818182
1,57146E-10	2,19401E-05	0,00011249	18,09090909	0	23,63636364
1,92764E-10	2,6913E-05	0,0001394	18,18181818	0	20,09090909
2,35849E-10	3,29283E-05	0,00017233	18,27272727	0	21,54545455
2,87822E-10	4,01846E-05	0,00021251	18,36363636	0	22,54545455
3,50347E-10	4,89141E-05	0,00026143	18,45454545	0	23,90909091
4,2536E-10	5,93871E-05	0,00032081	18,54545455	0	24
5,15109E-10	7,19175E-05	0,00039273	18,63636364	2	22,45454545
6,22194E-10	8,68683E-05	0,0004796	18,72727273	0	23,36363636
7,49611E-10	0,000104658	0,00058426	18,81818182	1	23,45454545
9,00804E-10	0,000125767	0,00071002	18,90909091	2	23,72727273
1,07972E-09	0,000150746	0,00086077	19	1	21,54545455

Na coluna “Acumulada” é feito o somatório de todos os valores de probabilidade normalizados até aquele ponto. Ou seja, faz-se uma soma de todos os valores da coluna “Normalizada” gerados até aquela linha. Na prática, são iguais aos valores de uma função de probabilidade acumulada definida até o ponto correspondente àquela linha.

A coluna “Sorteio” utiliza a função VLOOKUP() para buscar um valor aleatório na coluna “Acumulada” por meio da função RAND(). Esta função retorna um valor aleatório entre 0 e 1 e a partir deste valor, a função busca o valor da coluna “Acumulada” mais próximo ao valor aleatório. Em seguida, a função retorna o valor da coluna “Intervalos” localizado na mesma linha. Como os valores de “Acumulado” estão mais concentrados em pontos de maior probabilidade, a chance de um desses valores ser sorteado é maior. Por último, a coluna “Contagem p/ Intervalo” conta as ocorrências de cada ponto no sorteio.

#### 3.2.4.4 – Tabela de intervalos

Agora, detalha-se a parte dedicada à junção das informações geradas pela simulação. A primeira parte relevante é a Planilha onde são determinados os intervalos para DI, DS e PS, por meio das fórmulas 3.8 e 3.9.

$$\text{Intervalo } D = \frac{0,2}{\# \text{ de etapas} - 1} \quad [3.8]$$

$$\text{Intervalo } P = \frac{0,1}{\# \text{ de etapas} - 1} \quad [3.9]$$

A partir desses intervalos, pode-se determinar o espaço entre os parâmetros de cada etapa. Por exemplo, caso o Intervalo seja 0,01, os valores de PS serão, a partir da 1ª etapa simulada, 1; 0,99; 0,98; 0,97; e assim por diante. O número de etapas é inserido manualmente pelo usuário na criação da planilha e corresponde ao número de etapas a serem simuladas em determinada planilha de simulação.

Tabela 3.9 – Parte da planilha onde se determinam os intervalos

Número de Etapas	2
Intervalo D	0,2
Intervalo P	0,1



### 3.2.4.5 – Junção das Informações e Determinação de Cenários

A última parte da planilha de simulação é onde são somados os valores simulados. Esta parte está mostrada na Tabela 3.10. Na coluna “VTS”, somam-se, para cada linha, os valores simulados em cada etapa ao valor total executado até o momento, puxado da Planilha de Valores Executados. Por exemplo, caso haja duas Macro-Tabelas correspondentes a duas etapas sendo simuladas, a primeira linha da coluna “VTS” será igual à soma dos valores que se encontram na primeira linha da coluna “Sorteio” de cada uma das Macro-Tabelas com o valor total executado até agora. A segunda linha de “VTS” corresponderá a soma entre o valor total executado e as segundas linhas das colunas “Sorteio”, e assim por diante.

A coluna “Menor do que VEC?” retorna 1 caso o valor daquela linha de “VTS” seja menor do que o valor total contratado e 0 caso seja maior. Esta determinação é feita mediante um condicional IF. Caso ele seja menor, a coluna “VF” verifica quanto falta para atingir o valor contratado naquele caso. Estes valores serão utilizados para determinar o VFM e o ITCE.

Procede-se então ao cálculo do IIE. Para isso, soma-se na coluna “CONTA” todas as ocorrências de valores inferiores ao valor contratado. Para isso, realiza-se um somatório de toda a coluna “Menor do que VEC?”. Esse valor é então dividido por 10000 (número de amostras) na Planilha de Valores Executados e, por fim, obtem-se o IIE.

Para cálculo do VFM, somam-se todos os valores da coluna “VF” e dividem-se pelo valor da coluna “CONTA”. Em outras palavras, verifica-se qual a média dos valores faltantes no caso de o empreendimento não terminar.

Tabela 3.10 – Parte da planilha onde se unem as informações

CONTA	VTS	Menor do que VEC?	VF
6576	99,21212	1	0,787879
	95	1	5
	99,87879	1	0,121212
	99,0303	1	0,969697
	101,0909	0	0
	100,9697	0	0
	99,54545	1	0,454545
	99,9697	1	0,030303
	101,4242	0	0
	101,4242	0	0
	100,7576	0	0
	99,63636	1	0,363636
	98,57576	1	1,424242
	97	1	3

### **3.3 – Análise de Sensibilidade**

Faz-se necessário, ao desenvolver um novo método, realizar uma análise de sensibilidade. Esta consiste em assumir diferentes situações e ver como os indicadores respondem para entender e antecipar como eles irão reagir em situações mais complexas.

Para realização dessa análise, utilizaremos um empreendimento de 3 etapas assim como o utilizado para mostrar as funcionalidades da Planilha. Vale ressaltar, novamente, que para a simulação haverá valores simulados referentes somente à 2ª e à 3ª etapa. Por isso, os valores executados serão importantes apenas na 1ª e 2ª etapas por serem nestas etapas que os valores são simulados.

Elaborou-se três casos hipotéticos: um onde a primeira etapa é a mais barata e a última é a mais cara, outro onde a primeira etapa é a mais cara e a última é a mais barata e um terceiro onde todas as etapas tem aproximadamente o mesmo valor. Para cada caso, verificou-se o efeito que diferentes tipos de atraso e avanço das etapas tiveram sobre os indicadores. Considerou-se 10% de atraso na 1ª e 2ª etapas individualmente; 50% de atraso na 1ª e 2ª etapas individualmente; 10% de atraso para ambas as etapas; ambas as etapas sem atraso; 10% de avanço na 1ª e 2ª etapas individualmente; e 10% de avanço para ambas as etapas. Essas variações nas 1ª e 2ª etapas são suficientes para entender o comportamento de todos os indicadores.

Todas as Planilhas de Resumo de Informações e Curvas “S” relativas a todos os casos encontram-se no Apêndice A.

#### **3.3.1 – Primeira etapa mais barata e última etapa mais cara**

Os valores contratados estão especificados na Tabela A1. Verifica-se, na Tabela A2 (que diz respeito ao empreendimento realizado sem atraso) que a faixa do IIE é baixa para as duas etapas, o que nos diz que como as etapas estão sendo cumpridas, não há tendência de atraso. Além disso, o módulo do valor do IDTM diminui, o que é esperado pois há menos casos a serem simulados.

Nas Tabelas A3 e A4 estão dispostos os valores resumidos para quando existe 10% e 50% de atraso logo na primeira etapa. No caso da tabela A3, o IIE manteve-se baixo por existir um atraso bastante pequeno e pela maior parte do empreendimento estar concentrado na última etapa. Já na Tabela A4, com o atraso da 1ª etapa obteve-se um IIE alto para a primeira etapa, contudo

esta faixa diminuiu para média na 2ª etapa, pois a 2ª etapa foi cumprida de acordo com o previsto e o atraso proporcional indicado pelo VI diminuiu. O IDTM diminuiu em módulo novamente.

Quanto a atrasos na 2ª etapa, dispostos nas Tabelas A5 e A6, o IIE é mais sensível. Para 10% e 50% de atraso, as faixas do IIE foram, respectivamente, média e alta, mesmo sem atraso na 1ª etapa. Isto acontece pelo fato de, após a 2ª etapa, só existir mais uma etapa para compensar qualquer atraso. Este fenômeno é recorrente; a tendência é observarmos sempre um IIE mais alto nas etapas posteriores, por mais que este se mantenha na faixa baixa. Devido ao atraso ocorrido na 2ª etapa, o IDTM aumentou em módulo.

A sensibilidade do IIE a atrasos na 2ª etapa se mostrou evidente na Tabela A7. O índice aumentou 100 vezes quando se notou um atraso recorrente em ambas as etapas de 10%, mesmo na segunda etapa. Ainda assim, como a terceira etapa continua concentrando a maior parte do empreendimento, este índice não mudou de faixa.

Quanto a avanços na obra, mostrados nas Tabelas A8, A9 e A10, o IIE se manteve na faixa baixa e o IDTM diminuiu em módulo. Algo que se nota é que, pela magnitude dos atrasos e pelo tamanho do empreendimento, o ITCE se manteve em 1. Os índices do IGA e IEA não requerem muita análise pelo fato de serem simples porcentagens que indicam apenas aonde está o problema.

Começa-se a observar a importância da posição das etapas. Como a última etapa é a que concentrava maior parte do empreendimento, ela se torna um empecilho quando o atraso posterior começa a aumentar, já que deixa de haver garantias de término das etapas contratadas e por haver um maior volume de trabalho a ser realizado. Para pequenos atrasos, a magnitude da última etapa não tem tanto impacto sobre a incerteza de conclusão da obra.

### **3.3.2 – Primeira etapa mais cara e última etapa mais barata**

Os valores contratados para este caso estão especificados na Tabela A11. Para um empreendimento sem atrasos (Tabela A12), novamente viu-se um IIE que se manteve na faixa baixa e um IDTM decrescente. Como não houve atraso em nenhuma das duas primeiras etapas, espera-se que a última etapa seja concluída sem maiores empecilhos.

Contudo, para os atrasos na 1ª etapa representados nas Tabelas A13 e A14, que é a maior, observou-se um comportamento diferente ao observado no 1º caso. O IIE aumenta para uma faixa média e alta respectivamente, logo na 1ª etapa. Isso é uma indicação de que, como uma parcela

significativa do empreendimento não foi concluída, dificilmente este atraso será compensado depois.

Para atrasos na 2ª etapa, vistos nas Tabelas A15 e A16, notou-se que para ambos os valores de atraso considerados, notou-se que o IIE disparou para a faixa alta. Novamente, de frente para a última etapa deixa de haver garantia de que o empreendimento seguirá sendo cumprido e o índice aumentou. Além disso, os valores simulados orbitam o valor contratado baixo para a última etapa, ilustrando uma expectativa que se tenha de que a firma contratada estava preparada para não executar grande parte do valor na última etapa.

Este fenômeno se observa novamente quando se considera atrasos nas duas primeiras etapas. A tendência ao atraso em duas etapas, indica que a última etapa provavelmente não será concretizada. Isso se observa pelos IIE nas faixas média e alta observados na Tabela A17. Por conta do observado em relação à pequena magnitude da última etapa, o IDTM aumentou bruscamente.

Novamente, conforme esperado, o IIE tendeu a zero em casos de adiantamento (Tabelas A18, A19 e A20). Observou-se o IDTM maior no caso onde há adiantamento das duas etapas. Isto ocorre por ele se afastar bastante do valor contratado nas simulações. O valor do ITCE se manteve em 1, pelos mesmos motivos do caso anterior observou-se, neste caso, que os efeitos de etapas mais caras no começo do empreendimento são mais perceptíveis em etapas futuras.

Para determinar os efeitos de atrasos de forma mais objetiva, sem levar em consideração os tamanhos das etapas, faz falta examinar o caso quando todas as etapas tem aproximadamente o mesmo tamanho.

### **3.3.3 – Etapas com aproximadamente o mesmo valor**

Os valores contratados para este caso estão dispostos na Tabela A21. Novamente, quando se cumprem as etapas anteriores, se observa IIE baixo (Tabela A22).

Quando se consideram as Tabelas A23 e A24, observa-se que o IIE é proporcional à magnitude do atraso na 1ª etapa. Para atrasos pequenos (Tabela A23) o IIE se mantém na faixa baixa. Para atrasos maiores (Tabela A24) o IIE já aparece na faixa alta e se mantém. Quanto a atrasos na 2ª etapa (Tabelas A25 e A26) observa-se a mesma tendência. Quando o atraso aumenta, temos um IIE que passa para a faixa alta.

De acordo com o modelo, pode-se inferir quais as faixas toleráveis de atraso. Acima dessas faixas, o término do empreendimento é bastante duvidoso. Conclui-se que esse valor limite, a depender do tamanho das etapas, está entre 10% e 50% de atraso. Após os 50% de atraso, o índice mais importante passa a ser o ITCE, já que provavelmente o cronograma deverá ser revisto.

Isto se percebe quando ocorrem atrasos consecutivos na 1ª e 2ª etapas do empreendimento, como na Tabela A27. O fato de termos atrasos em todas as etapas, aumenta paulatinamente a chance de que não se consiga executar todo o valor a tempo, ainda mais quando as etapas tem a mesma duração. Para casos de adiantamento vistos nas Tabelas A28, A29 e A30, se repete a tendência de IDTM e IIE baixos, e percebe-se que avanços são insensíveis à quantidade e magnitude das etapas.

Quanto às Curvas S de todos os casos, é pertinente o que cada alteração à execução do empreendimento acarreta ao formato da Curva. Para atrasos na 1ª etapa, viu-se um deslocamento da curva de cronograma no eixo vertical. Para atrasos na 2ª etapa, viu-se uma mudança no formato da curva. Para atrasos em ambas as etapas, houve uma combinação de ambos os efeitos. Isso se deve à quantidade de etapas, mas para empreendimentos maiores, estes efeitos observados poderão ser utilizados para analisar curvas maiores em conjuntos de etapas tomadas 3 a 3.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para validação do modelo proposto, aplicou-se o método a dois projetos (com 24 e 15 meses de duração) em andamento do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Brasília. Ambos os projetos foram aprovados em Junho/2018 e visam realizar obras de melhoria no Campus Darcy Ribeiro. As informações para validação do modelo acerca do andamento e orçamento do projeto foram providenciadas pela FINATEC.

Quaisquer discrepâncias entre os valores foram sanadas mediante uma redistribuição dos valores. Estas alterações foram devidamente documentadas e justificadas. O objetivo principal é a validação do método por meio de projetos maiores e mais onerosos. Buscou-se observar o comportamento dos indicadores. Como os Projetos ainda estavam em seus primeiros estágios, pôde-se fazer uma análise detalhada acerca do que ocorre etapa a etapa com os índices e justificar com observações empíricas o ocorrido.

### **4.1 – Método Aplicado ao Projeto de Geração de Distribuída no Campus Darcy Ribeiro**

Este projeto busca instalar uma rede de Geração Distribuída (GD) no Campus Darcy Ribeiro acoplada à Rede de distribuição da CEB. Para tal, além da aquisição dos módulos de GD e da implantação da estrutura laboratorial necessária, o projeto prevê uma campanha de conscientização, treinamento de pessoal e contratação de mão de obra para instalação dos equipamentos.

O projeto, no ato de sua contratação tinha duração prevista de 24 meses. Para aplicação do modelo, dividiu-se o projeto em 12 (doze etapas) de medição bimestrais. Em outras palavras, avaliou-se o valor contratado e executado por bimestre.

No projeto, estavam previstas seis categorias de gastos: Materiais e Equipamentos, Materiais de Consumo, Serviços de Terceiros, Viagens e Diárias, Recursos Humanos e Outros. Para a parte de Materiais e Equipamentos, os gastos previstos são com os seguintes itens: Gerador/Coletor de Sinais e portas (I/O) analógicas e digitais no valor de R\$ 120.750; Amplificadores de tensão e Corrente no valor de R\$ 178.500; Motores/Geradores e

Transformadores no valor de R\$ 57.750; Instrumentos de medição no valor de R\$ 42.000; Busway no valor de R\$ 42.000; Três notebooks e uma impressora no valor de R\$ 31.500; Dois computadores e monitores no valor de R\$ 21.000; Aplicativo *Labview* no valor de R\$ 115.500; e licenças para o aplicativo Scada no valor de R\$ 115.000. Para esta parte, o total orçado era de R\$ 724.500.

Na parte de Materiais de Consumo, estavam previstas Resmas de papel e cartuchos para impressoras no valor de R\$ 15.750. Já na parte de Serviços de Terceiros estão previstas a Contratação de uma equipe para projeto e instalação do sistema de comunicação e aplicativo de gestão e banco de dados relativos aos 100 medidores distribuídos pela UnB e a Sala de Monitoramento no valor de R\$ 136.500; a Montagem deste Centro de Monitoramento no valor de R\$ 52.500; e a contratação do projeto gráfico, diagramação, revisão e impressão de brochuras e versão digital do relatório final no valor de R\$ 52.500. O total previsto para os Serviços de Terceiros é de R\$ 241.500.

Finalmente, as Viagens e Diárias estavam orçadas em R\$ 31.500, as Taxas de Administração (Outros) em R\$ 120.182 e a parte de Recursos Humanos (Bolsas) em R\$ 1.390.400.

Fez-se uma análise dos gastos do projeto com quase seis meses de andamento com base no cronograma original e com base em cronograma remanejado. Explicou-se as divergências entre os cronogramas e os índices foram utilizados para fortalecer as justificativas para o remanejamento.

#### **4.1.1 – Indicadores levando em consideração o cronograma inicial**

Os valores contratados no início do projeto estão dispostos nas Tabelas 4.1 e 4.2. É importante notar que os valores tem a sua maior densidade nas etapas iniciais e intermediárias. Os valores ao final do projeto são menores. Na tabela 4.3, pode-se verificar o andamento do projeto e realizar algumas observações.

Os gastos que foram concretizados foram R\$ 115.000 com o aplicativo *Labview*, R\$ 121.840 por etapa com bolsas e R\$ 10.000 de Taxas Administrativas. O resto dos gastos com Materiais previsto para o primeiro bimestre, referente à compra de três notebooks e uma impressora, dois computadores e monitores e Licença Scada não ocorreu.

Tabela 4.1 – Valores contratados por etapa para o primeiro cronograma elaborado (Cronograma 0) para o Projeto de Geração Distribuída

Valores por etapa						
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	283500	0	0	441000	0
2	Materiais de Consumo	0	0	0	5000	0
3	Recursos Humanos	121840	121840	121840	121840	121840
4	Serviços de Terceiros	0	0	94500	94500	0
5	Viagens e Diárias Nacional	0	0	0	5000	5000
6	Outros - Taxa Adm.	10000	10000	10000	10000	10000
<b>Total p/Etapa</b>	-	415340	131840	226340	677340	136840
<b>% em Rel Ao Valor total contratado</b>	-	16%	5%	9%	27%	5%

6a Etapa	7a Etapa	8a Etapa	9a Etapa	10a Etapa	11a Etapa	12a Etapa	Total
0	0	0	0	0	0	0	724500
5000	0	0	5750	0	0	0	15750
121840	121840	121840	121840	102640	95600	95600	1390400
0	0	0	0	0	0	52500	241500
5000	5000	0	5750	0	5750	0	31500
10000	10000	10000	10000	10000	10000	10182	120182
141840	136840	131840	143340	112640	111350	158282	2523832
6%	5%	5%	6%	4%	4%	6%	X

Tabela 4.2 – Valores contratados acumulados por etapa para o primeiro cronograma elaborado (Cronograma 0) para o Projeto de Geração Distribuída

Valores Acumulados						
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	283500	283500	283500	724500	724500
2	Materiais de Consumo	0	0	0	5000	5000
3	Recursos Humanos	121840	243680	365520	487360	609200
4	Serviços de Terceiros	0	0	94500	189000	189000
5	Viagens e Diárias Nacional	0	0	0	5000	10000
6	Outros - Taxa Adm.	10000	20000	30000	40000	50000
<b>Total p/Etapa</b>	-	415340	547180	773520	1450860	1587700

6a Etapa	7a Etapa	8a Etapa	9a Etapa	10a Etapa	11a Etapa	12a Etapa	Total
724500	724500	724500	724500	724500	724500	724500	724500
10000	10000	10000	15750	15750	15750	15750	15750
731040	852880	974720	1096560	1199200	1294800	1390400	1390400
189000	189000	189000	189000	189000	189000	241500	241500
15000	20000	20000	25750	25750	31500	31500	31500
60000	70000	80000	90000	100000	110000	120182	120182
1729540	1866380	1998220	2141560	2254200	2365550	2523832	2523832



Tabela 4.3 – Valores executados para as 3 primeiras etapas do empreendimento antes do remanejamento do cronograma

Valores por Etapa				
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	115000	0	0
2	Materiais de Consumo	0	0	0
3	Recursos Humanos	121840	121840	121840
4	Serviços de Terceiros	0	0	0
5	Viagens e Diárias Nacional	0	0	0
6	Outros - Taxa Adm.	10000	10000	10000
Total p/Etapa	-	246840	131840	131840
% em Rel Ao Valor total Executado	-	48%	26%	26%
VI		0,594308278	0,797154139	0,72559827
IIE		96,28%	32,81%	100,00%
IDTM		-95,91%	-100,39%	-89,80%
VFM		107744,95	29306,26	257442,72
ITCE		1	1	2
Valores Acumulados				
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	115000	115000	115000
2	Materiais de Consumo	0	0	0
3	Recursos Humanos	121840	243680	365520
4	Serviços de Terceiros	0	0	0
5	Viagens e Diárias Nacional	0	0	0
6	Outros - Taxa Adm.	10000	20000	30000
Total p/Etapa	-	246840	378680	510520

Ao comparar com os valores contratados das tabelas 4.1 e 4.2, vê-se que a maior divergência é a ausência de execução de grande parte do ítem 1. Dessa forma, o IIE já começa em uma faixa bastante alta. Contudo, ele desce na segunda etapa pelo motivo de que a 2ª etapa foi integralmente cumprida. Já na 3ª etapa, ele volta a subir, tendência que deve se repetir nas próximas etapas enquanto os equipamentos não forem comprados.

A faixa do IDTM variou pouco, estando sempre perto de 100%. Isso quer dizer que os valores simulados variaram muito além da faixa do valor contratado. Isso se explica pela magnitude do valor dos materiais que não foram comprados, responsáveis por uma parcela muito grande do orçamento.

O ITCE, neste caso, sinaliza ainda mais o que já se vinha observando. Caso essa compra de materiais seja realizada, o empreendimento volta a acompanhar o valor contratado. Podemos observar este fato no valor do índice – ele aponta que será necessário apenas um ou dois bimestres adicionais para conclusão do empreendimento. Considerando essa falta de pagamento, foi feito pela gestão do projeto um remanejamento, que será estudado na subseção seguinte.

#### 4.1.2 – Indicadores levando em consideração o cronograma após o remanejamento

O remanejamento foi feito buscando um melhor aproveitamento dos recursos e uma melhor adequação aos objetivos do projeto. O que se propôs foi a remoção dos itens não comprados (conforme descrito na seção 4.1.2) e a compra dos seguintes itens: Servidor no valor de R\$ 18.000; Computador Desktop no valor de R\$ 18.000; três computadores totalizando R\$ 10.650; três TVs totalizando R\$ 8.100; três roteadores Wi-Fi totalizando R\$ 5.100; software para acesso remoto no valor de R\$ 3.700; três notebooks no valor de R\$ 54.000; e dois medidores/analísadores de quantidade de energia totalizando R\$ 50.000.

A alteração feita ao novo cronograma foi feita integralmente ao item 1, Materiais e Equipamentos. O valor do item se manteve o mesmo, e este foi remanejado integralmente para a 4ª etapa (com exceção do aplicativo Labview, que já foi comprado). O valor desprendido com o serviço de terceiros previsto para a 3ª etapa também foi remanejado para a 4ª etapa. O remanejamento consta, na íntegra, nas Tabelas 4.4 e 4.5.

Tabela 4.4 – Valores contratados por etapa após o remanejamento do projeto de GD.

Valores por etapa						
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	115000	0	0	609500	0
2	Materiais de Consumo	0	0	0	5000	0
3	Recursos Humanos	121840	121840	121840	121840	121840
4	Serviços de Terceiros	0	0	0	189000	0
5	Viagens e Diárias Nacional	0	0	0	5000	5000
6	Outros - Taxa Adm.	10000	10000	10000	10000	10000
<b>Total p/Etapa</b>	-	246840	131840	131840	940340	136840
<b>% em Rel Ao Valor total contratado</b>	-	10%	5%	5%	37%	5%

6a Etapa	7a Etapa	8a Etapa	9a Etapa	10a Etapa	11a Etapa	12a Etapa	Total
0	0	0	0	0	0	0	724500
5000	0	0	5750	0	0	0	15750
121840	121840	121840	121840	102640	95600	95600	1390400
0	0	0	0	0	0	52500	241500
5000	5000	0	5750	0	5750	0	31500
10000	10000	10000	10000	10000	10000	10182	120182
141840	136840	131840	143340	112640	111350	158282	2523832
6%	5%	5%	6%	4%	4%	6%	X

Tabela 4.5 – Valores contratados acumulados por etapa após o remanejamento do projeto de GD.

Valores Acumulados						
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	115000	115000	115000	724500	724500
2	Materiais de Consumo	0	0	0	5000	5000
3	Recursos Humanos	121840	243680	365520	487360	609200
4	Serviços de Terceiros	0	0	0	189000	189000
5	Viagens e Diárias Nacional	0	0	0	5000	10000
6	Outros - Taxa Adm.	10000	20000	30000	40000	50000
Total p/Etapa	-	246840	378680	510520	1450860	1587700

6a Etapa	7a Etapa	8a Etapa	9a Etapa	10a Etapa	11a Etapa	12a Etapa	Total
724500	724500	724500	724500	724500	724500	724500	724500
10000	10000	10000	15750	15750	15750	15750	15750
731040	852880	974720	1096560	1199200	1294800	1390400	1390400
189000	189000	189000	189000	189000	189000	241500	241500
15000	20000	20000	25750	25750	31500	31500	31500
60000	70000	80000	90000	100000	110000	120182	120182
1729540	1866380	1998220	2141560	2254200	2365550	2523832	2523832

Tabela 4.6 – Planilha de Valores Executados após remanejamento de cronograma do Projeto de GD.

Valores por Etapa				
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	115000	0	0
2	Materiais de Consumo	0	0	0
3	Recursos Humanos	121840	121840	121840
4	Serviços de Terceiros	0	0	0
5	Viagens e Diárias Nacional	0	0	0
6	Outros - Taxa Adm.	10000	10000	10000
Total p/Etapa	-	246840	131840	131840
% em Rel Ao Valor total Executado	-	48%	26%	26%
VI		1	1	1
IIE		0,21%	0,27%	9,19%
IDTM		-106,64%	-106,66%	-103,91%
VFM		17044,12	17381,81	36392,01
ITCE		1	1	1

Valores Acumulados				
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	115000	115000	115000
2	Materiais de Consumo	0	0	0
3	Recursos Humanos	121840	243680	365520
4	Serviços de Terceiros	0	0	0
5	Viagens e Diárias Nacional	0	0	0
6	Outros - Taxa Adm.	10000	20000	30000
Total p/Etapa	-	246840	378680	510520

A planilha para valores executados para o cronograma remanejado pode ser observada na Tabela 4.6. Pode-se observar uma melhora no IIE. Este se mantém sempre próximo de zero, indicando a alta probabilidade de que o empreendimento acabe no prazo previsto. O IDTM manteve-se na mesma faixa indicando ainda grande variação entre os valores simulados e os valores contratados. Contudo, devido ao IIE baixo, pode-se interpretar que essa faixa do IDTM se deve ao fato de que os valores simulados estejam excedendo o valor contratado. Isto é normal, visto que não se pode limitar os valores simulados ao valor contratado.

O ITCE corrobora com esta tendência, já que se mantém sempre em 1. Em outras palavras, caso sejam necessárias etapas adicionais, não deve ser necessária mais de uma etapa. Devido a esta mudança grande nos índices, o remanejamento foi acertado e é bastante provável que este empreendimento termine no prazo previsto de 24 meses.

As curvas S, considerando e desconsiderando os serviços de terceiros, estão apresentadas nas figuras 4.1 e 4.2. As Tabelas B1 e B2 dizem respeito ao resumo das informações referentes a ambos os cronogramas analisados. Pelos IGA e IEA apresentados, pode-se ver a maior conformidade do cronograma remanejado. A evolução dos índices IGA, IIE e IDTM ao longo das 3 etapas, para ambos os cronogramas, pode ser vista nas figuras B1 a B6 (Apêndice B).

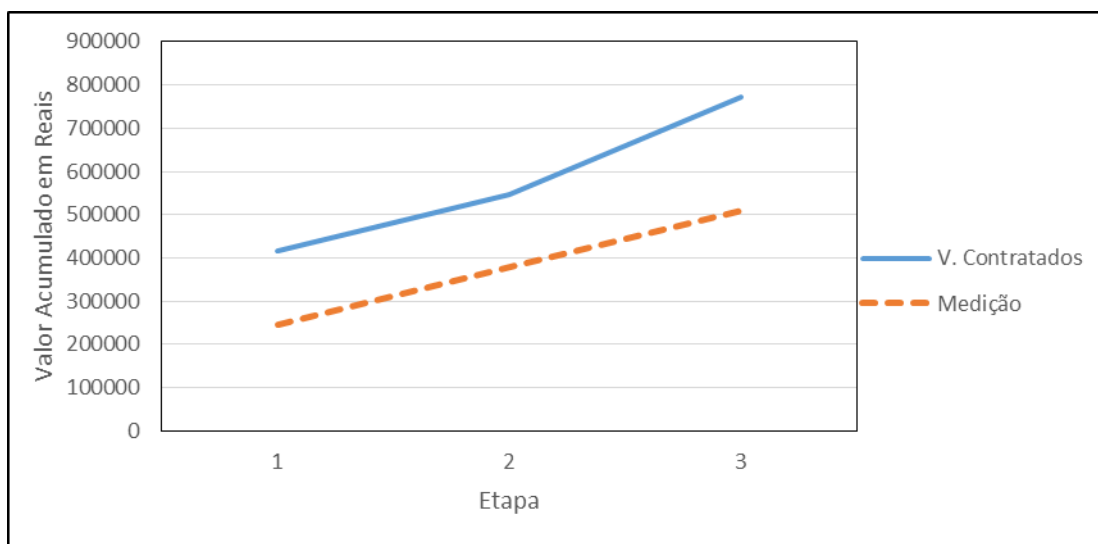


Figura 4.1 – Curva S do projeto de GD adotando o cronograma original.

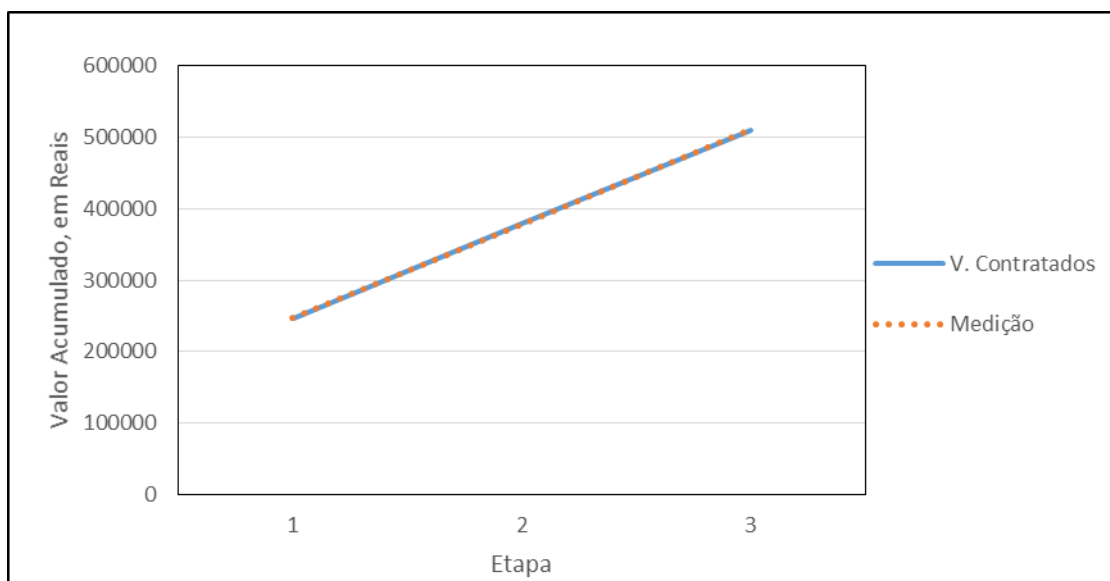


Figura 4.2 – Curva S do projeto de GD adotando o cronograma remanejado.

#### 4.2 – Método Aplicado ao Projeto de Eficiência Energética no Campus Darcy Ribeiro

Este projeto busca atualizar as instalações do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília por meio da implementação de um projeto de eficiência energética. Neste projeto, além dos equipamentos necessários, estão previstas uma campanha de conscientização e a capacitação de pessoal.

O projeto, no ato de sua contratação tinha duração prevista de 15 meses. Para aplicação do modelo, dividiu-se o projeto em 15 (quinze) etapas de medição mensal. Não se discriminou orçamento advindo da CEB ou da FINATEC, utilizando-se apenas do valor total executado a cada etapa.

No projeto, estavam previstas 6 (seis) categorias de gastos: Materiais e Equipamentos, Mão-de-Obra de terceiros, Marketing, Descarte de Materiais, Medição e Verificação e Outros Custos. Para a parte de Materiais e Equipamentos, estavam previstos a aquisição de equipamentos de iluminação no valor de R\$ 139.766,67; a aquisição de um sistema fotovoltaico no valor de R\$ 1.042.000,00; e a aquisição de equipamentos de climatização no valor de R\$ 691.395,43. O total para este item é de R\$ 1.873.162,10.

Para a parte de Mão-de-Obra de terceiros, estavam previstas: Instalação de equipamentos de iluminação no valor de R\$ 99.036,75; Instalação de equipamentos de climatização no valor de

R\$ 31.422,04; e mão-de-obra para o sistema fotovoltaico no valor de R\$ 31.422,04. O total para este item é R\$ 161.880,83.

Para a parte de Descarte de Materiais estava previsto: descarte de equipamentos de iluminação no valor de R\$ 35.032,00; e descarte de equipamentos de climatização no valor de R\$ 24.500. O total é de R\$ 59.532. Para o marketing foi prevista apenas uma campanha de conscientização no valor de R\$ 19.500. Finalmente, para as partes de Medição e Verificação e Outros (Taxas Administrativas) estavam orçadas em R\$ 35.000 e R\$ 16.000, respectivamente.

Fez-se uma análise dos gastos realizados com este projeto com base em dois cronogramas distintos – o original e um novo cronograma elaborado posteriormente e observou-se o comportamento dos indicadores.

#### **4.2.1 – Indicadores levando em consideração o cronograma contratado**

O cronograma original está disposto nas tabelas 4.7 e 4.8, tanto os valores contratados por etapa como os valores acumulados por etapa. Percebe-se que os valores ao começo e ao final do empreendimento representam parcelas menores do orçamento total. O orçamento está mais concentrado nas etapas intermediárias.

A tabela 4.9 mostra os valores executados e indicadores referentes ao cronograma original. Nenhuma das compras de materiais prevista foi realizada nos primeiros meses. A compra dos equipamentos de iluminação foi feita inteiramente no 5º mês. Além disso, percebe-se que o gasto com “outros” foi muito maior do que o previsto. Isto ocorreu porque optou-se por utilizar parte do dinheiro que seria destinado à compra do sistema fotovoltaico na compra de cursos de capacitação e em acessoria. Essa compra foi possível porque conseguiu-se reduzir o preço do sistema fotovoltaico.

Os gastos nesses primeiros meses com o dinheiro remanejado da compra do sistema fotovoltaico totalizaram R\$ 84.000. Desse valor, R\$ 20.000 foram investidos em consultoria jurídica, R\$ 38.000 em um curso de capacitação e R\$ 26.000 em certificações. Assumiu-se que esse valor foi distribuído ao logo dos 6 primeiros meses de forma igual, da mesma forma que se fez com as taxas administrativas em ambos os projetos.

Tabela 4.7 – Valores contratados por etapa para o primeiro cronograma elaborado (Cronograma 0) para o Projeto de Eficiência Energética

Valores por etapa								
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa	6a Etapa	7a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	40000	33254,37	53256,15	53256,15	177020	176100	182735,43
2	Mão-de-Obra (Terceiros)	0	29714,33	34656,71	34665,71	7855,51	7855,51	7855,51
3	Marketing	0	0	0	0	0	0	0
4	Descarte de Materiais	0	0	0	0	0	41157	6125
5	Medição e Verificação	0	0	0	0	0	0	0
6	Outros	1067	1067	1067	1067	1067	1067	1067
Total p/Etapa	-	41067	64035,7	88979,86	88988,86	185942,5	226179,5	197782,94
% em Rel Ao Valor total contratado	-	1,90%	2,96%	4,11%	4,11%	8,59%	10,45%	9,14%

8a Etapa	9a Etapa	10a Etapa	11a Etapa	12a Etapa	13a Etapa	14a Etapa	15a Etapa	Total
155540	334000	334000	334000	0	0	0	0	1873162,1
7855,51	0	0	0	31422,04	0	0	0	161880,83
0	0	0	0	0	6500	6500	6500	19500
6125	6125	0	0	0	0	0	0	59532
0	0	0	7000	7000	7000	7000	7000	35000
1067	1067	1067	1066	1066	1066	1066	1066	16000
170587,5	341192	335067	342066	39488,04	14566	14566	14566	2165074,93
7,88%	15,76%	15,48%	15,80%	1,82%	0,67%	0,67%	0,67%	X

Tabela 4.8 – Valores contratados acumulados por etapa para o primeiro cronograma elaborado (Cronograma 0) para o Projeto de Eficiência Energética

Valores Acumulados								
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa	6a Etapa	7a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	40000	73254,37	126510,5	179766,7	356786,7	532886,7	715622,1
2	Materiais de Consumo	0	29714,33	64371,04	99036,75	106892,3	114747,8	122603,28
3	Recursos Humanos	0	0	0	0	0	0	0
4	Serviços de Terceiros	0	0	0	0	0	41157	47282
5	Viagens e Diárias Nacional	0	0	0	0	0	0	0
6	Outros - Taxa Adm.	1067	2134	3201	4268	5335	6402	7469
Total p/Etapa	-	41067	105102,7	194082,6	283071,4	469013,9	695193,4	892976,38

8a Etapa	9a Etapa	10a Etapa	11a Etapa	12a Etapa	13a Etapa	14a Etapa	15a Etapa	Total
871162,1	1205162	1539162	1873162	1873162	1873162	1873162	1873162	1873162,1
130458,8	130458,8	130458,8	130458,8	161880,8	161880,8	161880,8	161880,8	161880,83
0	0	0	0	0	6500	13000	19500	19500
53407	59532	59532	59532	59532	59532	59532	59532	59532
0	0	0	7000	14000	21000	28000	35000	35000
8536	9603	10670	11736	12802	13868	14934	16000	16000
1063564	1404756	1739823	2081889	2121377	2135943	2150509	2165075	2165074,93

Tabela 4.9 – Valores Executados no projeto de eficiência energética. Os indicadores estão de acordo com o cronograma original.

Valores por Etapa						
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	0	0	0	0	139806,67
2	Mão-de-Obra (Terceiros)	0	0	0	0	0
3	Marketing	0	0	0	0	0
4	Descarte de Materiais	0	0	0	0	0
5	Medição e Verificação	0	0	0	0	0
6	Outros	15067	15067	15067	15067	15067
Total p/Etapa	-	15067	15067	15067	15067	154873,67
% em Rel Ao Valor total Executado	-	7%	7%	7%	7%	72%
VI		0,36688826	0,301016	0,25711447	0,235163712	0,354713286
IIE		100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
IDTM		-64,54%	-52,34%	-70,92%	-66,44%	-77,13%
VFM		783512,19	1053287,77	642621,01	741604,99	505452,36
ITCE		6	8	5	6	4
Valores Acumulados						
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	0	0	0	0	139806,67
2	Materiais de Consumo	0	0	0	0	0
3	Recursos Humanos	0	0	0	0	0
4	Serviços de Terceiros	0	0	0	0	0
5	Viagens e Diárias Nacional	0	0	0	0	0
6	Outros - Taxa Adm.	15067	30134	45201	60268	75335
Total p/Etapa	-	15067	30134	45201	60268	215141,67

Ao observar os indicadores da Tabela 4.9, observa-se uma forte tendência à inconclusão do empreendimento. Ao não realizar as compras previstas a cada etapa, percebe-se uma queda gradual no VI. Esta queda se reverte apenas no 5º mês com a compra de material. Contudo, valores consistentemente baixos do VI resultam em IIEs muito altos.

Esta análise é reforçada pelos valores altos do ITCE. Nos primeiros meses, estima-se que, caso não seja feita a compra dos materiais, serão necessários de 6 a 8 meses adicionais para conclusão do empreendimento. Com a compra dos materiais, este valor foi para 4 meses. Contudo, ainda havia várias compras pendentes, motivo pelo qual os índices não abaixaram acentuadamente.

Tendo em vista esse cenário, para este projeto também foi feito um remanejamento. Este é descrito em detalhes na subseção 4.2.2.



#### 4.2.2 – Indicadores após o Remanejamento do cronograma

O cronograma após o remanejamento está disposto nas Tabelas 4.10 e 4.11. Como dito na subseção 4.2.1, o cronograma remanejado retirou R\$ 84.000 da parte de Materiais e Equipamentos e os acrescentou às seis primeiras etapas na parte de Outros. Além disso, todos os gastos com Materiais e Equipamentos (exceto o gasto com materiais de iluminação) e Mão-de-Obras de terceiros que deveria ser realizado até a 5ª etapa foi concentrado na 6ª etapa, pois esta era a nova previsão de execução de ambos os índices. O restante do cronograma foi mantido. Novamente, não foram inseridas etapas adicionais no remanejamento.

Este remanejamento resultou nos indicadores mostrados na Planilha de Valores executados disposta na Tabela 4.12. Percebe-se uma diferença grande nos índices, mostrando que o remanejamento foi efetivo. O IIE se manteve em uma faixa baixa, indicando alta chance de cumprimento do novo cronograma. O IDTM se manteve alto mas, considerando o baixo valor do IIE, trata-se do mesmo fenômeno observado na subseção 4.1.2 onde a maioria dos valores simulados superou o valor contratado devido ao fato de que não há mecanismo para limitar o valor simulado.

Tabela 4.10 – Valores contratados por etapa para o cronograma elaborado após o remanejamento para o Projeto de Eficiência Energética

Valores por etapa								
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa	6a Etapa	7a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	0	0	0	0	139806,67	393080	182735,43
2	Mão-de-Obra (Terceiros)	0	0	0	0	0	114747,77	7855,51
3	Marketing	0	0	0	0	0	0	0
4	Descarte de Materiais	0	0	0	0	0	41157	6125
5	Medição e Verificação	0	0	0	0	0	0	0
6	Outros	15067	15067	15067	15067	15067	15067	1067
Total p/Etapa	-	15067	15067	15067	15067	154873,67	564051,77	197782,94
% em Rel Ao Valor total contratado	-	0,70%	0,70%	0,70%	0,70%	7,15%	26,05%	9,14%

8a Etapa	9a Etapa	10a Etapa	11a Etapa	12a Etapa	13a Etapa	14a Etapa	15a Etapa	Total
155540	334000	334000	250000	0	0	0	0	1789162,1
7855,51	0	0	0	31422,04	0	0	0	161880,83
0	0	0	0	0	6500	6500	6500	19500
6125	6125	0	0	0	0	0	0	59532
0	0	0	7000	7000	7000	7000	7000	35000
1067	1067	1067	1066	1066	1066	1066	1066	100000
170587,5	341192	335067	258066	39488,04	14566	14566	14566	2165074,93
7,88%	15,76%	15,48%	11,92%	1,82%	0,67%	0,67%	0,67%	X

Tabela 4.11 – Valores contratados acumulados por etapa para o cronograma elaborado após o remanejamento para o Projeto de Eficiência Energética

Valores Acumulados								
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa	6a Etapa	7a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	0	0	0	0	139806,67	532886,67	715622,1
2	Materiais de Consumo	0	0	0	0	0	114747,77	122603,28
3	Recursos Humanos	0	0	0	0	0	0	0
4	Serviços de Terceiros	0	0	0	0	0	41157	47282
5	Viagens e Diárias Nacional	0	0	0	0	0	0	0
6	Outros - Taxa Adm.	15067	30134	45201	60268	75335	90402	91469
<b>Total p/Etapa</b>	-	15067	30134	45201	60268	215141,67	779193,44	976976,38

8a Etapa	9a Etapa	10a Etapa	11a Etapa	12a Etapa	13a Etapa	14a Etapa	15a Etapa	Total
871162,1	1205162	1539162	1789162	1789162	1789162	1789162	1789162	1789162,1
130458,8	130458,8	130458,8	130458,8	161880,8	161880,8	161880,8	161880,8	161880,83
0	0	0	0	0	6500	13000	19500	19500
53407	59532	59532	59532	59532	59532	59532	59532	59532
0	0	0	7000	14000	21000	28000	35000	35000
92536	93603	94670	95736	96802	97868	98934	100000	100000
1147564	1488756	1823823	2081889	2121377	2135943	2150509	2165075	2165074,93

Tabela 4.12 – Tabela de Valores Executados com base em cronograma após remanejamento no Projeto de Eficiência Energética.

Valores por Etapa						
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	0	0	0	0	139806,67
2	Mão-de-Obra (Terceiros)	0	0	0	0	0
3	Marketing	0	0	0	0	0
4	Descarte de Materiais	0	0	0	0	0
5	Medição e Verificação	0	0	0	0	0
6	Outros	15067	15067	15067	15067	15067
<b>Total p/Etapa</b>	-	15067	15067	15067	15067	154873,67
<b>% em Rel Ao Valor total Executado</b>	-	7%	7%	7%	7%	72%
<b>VI</b>		1	1	1	1	1
<b>IIE</b>		0,01%	0,02%	3,70%	3,16%	7,74%
<b>IDTM</b>		-107,91%	-108,11%	-104,94%	-105,19%	-103,85%
<b>VFM</b>		12469,37	3859,48	25886,74	22996,17	27310,15
<b>ITCE</b>		1	1	1	1	1

Valores Acumulados						
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	0	0	0	0	139806,67
2	Materiais de Consumo	0	0	0	0	0
3	Recursos Humanos	0	0	0	0	0
4	Serviços de Terceiros	0	0	0	0	0
5	Viagens e Diárias Nacional	0	0	0	0	0
6	Outros - Taxa Adm.	15067	30134	45201	60268	75335
<b>Total p/Etapa</b>	-	15067	30134	45201	60268	215141,67

O ITCE permaneceu em 1, o que corrobora com a hipótese de que a chance de atraso é muito baixa. Este caso mostra como os índices podem ser utilizados para elaborar novos

cronogramas – mudar o cronograma e observar os índices até que estes estejam em uma faixa satisfatória. Em outras palavras, o gestor pode malear os índices durante o remanejamento por meio da alteração dos valores contratados, caso isso seja possível, até que os índices estejam adequados.

As curvas S dos empreendimentos para ambos os cronogramas estão dispostas nas figuras 4.3 e 4.4. As Tabelas B3 e B4 são referentes às Planilhas de Resumo das Informações do empreendimento com o cronograma original e o cronograma remanejado. Pelos valores de IGA e IEA apontados, pode-se concluir que o novo cronograma foi adequado ao andamento do projeto. A evolução do IGA, IDTM e IIE para ambos os cronogramas pode ser vista nas figuras B7 a B12.

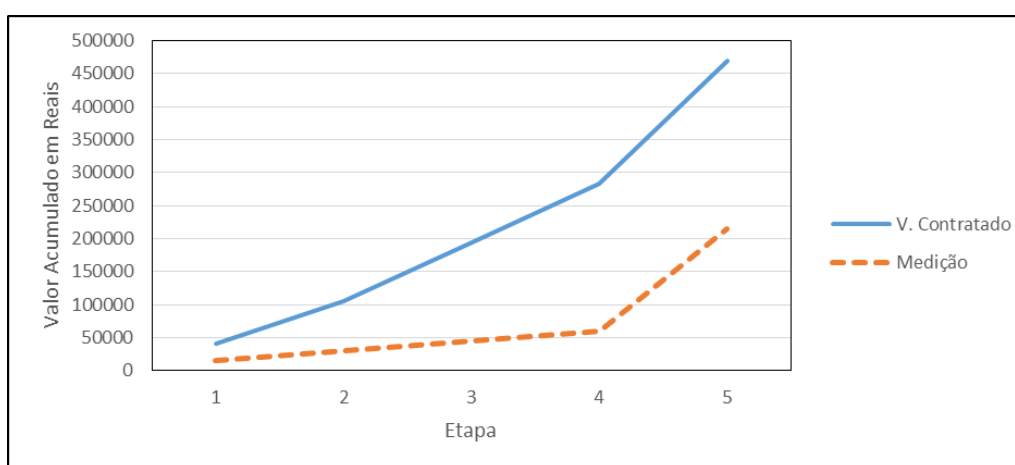


Figura 4.3 – Curva S do projeto de EE adotando o cronograma original.

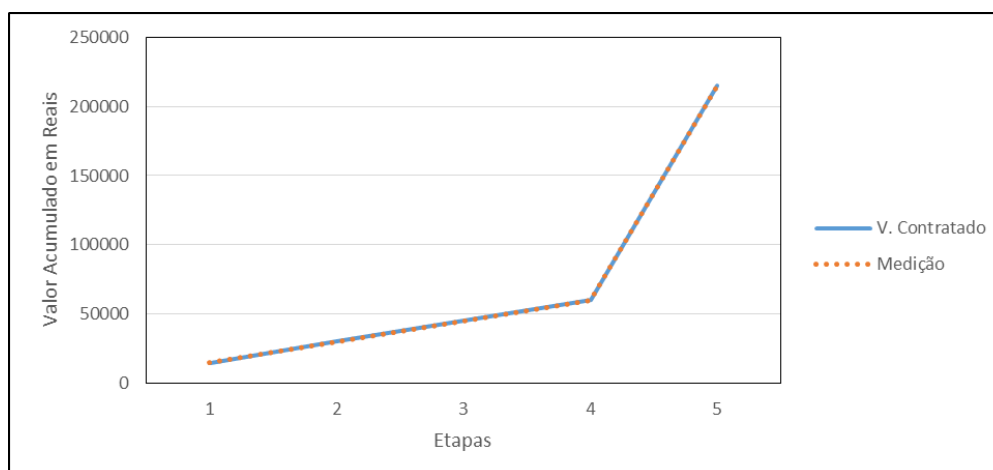


Figura 4.4 – Curva S do projeto de EE adotando o cronograma remanejado.

## 5 CONCLUSÕES

Por meio dos resultados da aplicação do método de acompanhamento aos projetos em andamento na Universidade de Brasília, foi possível compreender o comportamento dos indicadores como ferramenta de análise. Percebeu-se uma concordância entre os atos de gestão tomados pelos gestores do projeto em relação aos cronogramas de execução e a realidade apontada pelos indicadores.

Antes da alteração do cronograma, os indicadores apontavam que, dado o cronograma vigente, os empreendimentos não acabariam a tempo. Após esta alteração, feita com base em observações empíricas feitas pelos gestores, uma análise dos indicadores mostrava uma realidade oposta – a de conclusão certa do empreendimento no novo prazo previsto. Essa equivalência observada abre caminho para algumas aplicações interessantes deste modelo de acompanhamento.

No projeto de Geração Distribuída, antes do remanejamento, o IIE oscilou bastante entre as faixas média, baixa e alta além do empreendimento sempre apresentar um ITCE de 1 ou 2. Após o remanejamento, o IIE se manteve na faixa baixa e o ITCE se manteve em 1. Isso mostra que o remanejamento foi correto para a situação e que os índices corroboram com o que está sendo observado por quem acompanha o cotidiano do projeto.

No projeto de Eficiência Energética observava-se um IIE de quase 100% nas 5 etapas observadas, além de um ITCE de 5 a 8, indicando que seria necessário quase um ano adicional para completar as obras. Com o novo cronograma, esses índices despencaram e devem se manter nessa faixa com as compras previstas para os próximos meses. Este é um exemplo de como novos cronogramas podem ser montados por meio da manipulação dos índices e simulação de cenários.

A aplicação mais imediata é a possibilidade de ajustar o cronograma por meio da manipulação dos indicadores. Em outras palavras, de posse dos dados dos valores executados, modificar o cronograma até que os indicadores alcancem níveis aceitáveis. Nesse sentido, os indicadores guiam novas propostas de cronograma.

No que tange o acompanhamento a distância do projeto, geralmente feita pelo contratante com base em dados fornecidos pelo contratado, o método é útil no processo de tomada de

decisões. Neste caso, o método pode ser útil para simular uma determinada proposta de cronograma ou até para optar pela rescisão de contrato de um projeto já em andamento.

O novo índice desenvolvido, o ITCE, pode ser de particular utilidade neste caso. Se for identificada uma quantidade muito grande de etapas adicionais a serem acrescentadas, o contratante pode optar por reincidir o contrato em favor de uma opção mais rápida. É facilitada a decisão por um rumo de ação ou outro ao tomar conhecimento da realidade da obra por meio de informações objetivas.

A distribuição de probabilidade utilizada ilustrou bem a tendência de atraso ou avanço da obra durante a realização das simulações e na determinação do IIE. Uma limitação observada neste caso foi a sua sensibilidade – observava-se um IIE muito alto para atrasos não muito significativos. Além disso, a faixa de transição de um IIE baixo para um IIE alto era bastante curta. Isso deve-se principalmente à dependência deste índice do Valor Médio de Completude (VI).

Isso pôde ser observado no projeto de GD quando, apesar do atraso da 1ª etapa não ser compensado, o IIE sofreu uma queda. Para buscar sanar este problema mas visando fazer com que esta distribuição continue imprimindo tendências passadas a etapas futuras, pode-se utilizar o IGA no lugar do VI.

Além disso, novas distribuições de probabilidade com parâmetros diferentes e que também concentrem a densidade de probabilidade em determinados pontos podem ser utilizadas. Entre elas, , a distribuição Gamma (BUSSAB, 2012) e a distribuição Triangular (WEISSTEIN, 2018).

Outra possibilidade interessante seria a de poder ponderar os diferentes itens ao determinar o valor executado na etapa. Em outras palavras, itens mais difíceis de serem executados teriam um peso maior na simulação. Por exemplo, o valor da construção de um centro de monitoramento influenciaria mais o resultado de uma simulação do que a impressão de panfletos, já que se trata de um processo menos burocrático e mais facilmente executável. Para isso, pode-se implementar um sistema de pesos arbitrário aos itens de serviço para cada empreendimento.

Finalmente, é necessário que se continue o acompanhamento dos dois projetos abordados neste trabalho. É fundamental que se estude a evolução destes índices em projetos reais; este é

um estudo de caso apropriado, pelo número de etapas e pela importância do empreendimento. Por hora, os indicadores apontam a finalização do empreendimento no prazo previsto mas é importante continuar estudando a progressão dos indicadores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTINAY, Galip. **A Simple Class of Measures of Skewness**. Bandirma Onyedi Eylul University. Bandirma - Balikesir, Turquia, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001: Sistemas de Gestão de Qualidade - Requisitos**. Rio de Janeiro. 2008.

ÁVILA, Antonio Victorino; JUNGLES, Antônio Edésio. **Planejamento e Controle**. Disponível em [http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5318%20-%20Planjamento\\_cap14.pdf](http://pet.ecv.ufsc.br/arquivos/apoio-didatico/ECV5318%20-%20Planjamento_cap14.pdf). Acessado em 12 de Novembro de 2018.

BRANDLI, Luciana Londero; KUREK, Juliana; MORAES, Amauri Gomes; PANDOLFO, Adalberto; SCOPEL, André Chiodelli. **Controle da Implantação de Projeto Através de Curvas “S” Aplicado na Execução de Estruturas Metálicas**. ENTAC 2006, Florianópolis, 2006.

BRASIL, Tribunal de Contas da União. **Regimento Interno**. Brasília – DF, 2015.

BRASIL, Tribunal de Contas da União. **Manual de Acompanhamento**. Brasília – DF, 2018.

Brasil, Tribunal de Contas da União. **Roteiro de Auditoria de Obras Públicas**. Brasília – DF, 2012.

BUGARIN, Paulo Soares. **O Princípio Constitucional da Eficiência – Um Enfoque Doutrinário Multidisciplinar**. Revista do TCU. Brasília, v.32, no. 87, Janeiro/Março 2001.

BUGARIN, Paulo Soares. **O princípio constitucional da economicidade**. Correio Braziliense, 12/04/1999.

BUSSAB, Wilton de O.; MORETTIN, Pedro A., **Estatística Básica**. Saraíva, 7ª Ed., São Paulo – SP, 2012.

CAMPOS, Luiz Fernando Rodrigues, **Gestão de Projetos**. 1ª Ed. Curitiba – PR, 2012.

CANAVESI FILHO, Helio, **Apostila Excel AIM 2010**. Sorocaba – SP, 2010.

CASTRO, Rodrigo Batista de. **Eficácia, Eficiência e Efetividade na Administração Pública**. 30º Encontro da ANPAD. Salvador – BA, 2006.

Confederação Nacional da Indústria. **Infraestrutura: o custo do atraso e as reformas necessárias**. Brasília, 2014.

COUTINHO, Ítalo de Azeredo; CUNHA, Carlos Henrique, **Curva S para Planejamento e Controle**. 1ª edição. Belo Horizonte - MG, 2016.

DISTRITO FEDERAL (BRASIL), Tribunal de Contas. **Manual de Auditoria – Parte Geral**. Brasília – DF, 2008.

DISTRITO FEDERAL, Governo do. **Portal da Transparência**. Disponível em <http://www.transparencia.df.gov.br/#!/despesas/acao> . Acessado em 12 de Novembro de 2018.

ESEP, **Excel Total Básico e Avançado**. Vitória – ES.

FERNANDES, Jorge Ulisses Jacoby. **Os limites do poder fiscalizador do Tribunal de Contas do Estado**. Revista de Informação Legislativa. Brasília a. 36 n.142 abril/junho 1999.

FERREIRA, Ana Carla dos Santos Anunciação; FERREIRA, Bianca dos Santos Anunciação; BRITO, Renato da Silva. **Obras públicas inacabadas: as principais causas que resultam em desperdício de dinheiro público**. Universidade Federal Fluminense. Volta Redonda – RJ, 2017.

GONDIM, Natália Rodrigues Guedes, **A Distribuição Normal Assimétrica (Skew Normal) e as suas Aplicações**. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB, 2011.

“JackBean”, **Re: Generating a skewed normal distribution of random numbers**. Em Mr Excel, 30 de Junho de 2010, 11:41 PM, acessado em 10 de Outubro de 2018, 15:38 PM no endereço: <https://www.mrexcel.com/forum/excel-questions/477702-generating-skewed-normal-distribution-random-numbers.html>

LEON-GARCIA, Alberto, **Probability, Statistics and Random Processes for Electrical Engineering**, Pearson Prentice Hall, 3a Ed., Upper Saddle River - NJ, 2008.

MEYER, Paul L., **Probabilidade – Aplicações à Estatística**, LTC, 2ª. Ed, Rio de Janeiro – RJ, 2011.



MOREIRA, Thomaz Passos Ferraz. **Proposta de um modelo de auditoria concomitante para as obras e serviços de engenharia da câmara dos deputados.** Brasília – DF, 2009.

PEREIRA, Gustavo Pimentel da Costa. **O mercado da construção civil para obras públicas como instrumento de auditoria – Uma abordagem probabilística.** Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Pernambuco. Recife – PE, 2002.

SEVERINO, Mauro Moura. **Avaliação técnico-econômica de um sistema híbrido de geração distribuída para atendimento a comunidades isoladas da Amazônia.** Universidade de Brasília. Brasília – DF, 2008.

SHIMAKURA, Silvia E. **A Distribuição Normal.** Universidade Federal do Paraná, 2006. Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~silvia/CE003/node30.html>. Acessado em 14/11/2018.

WOLKMER, Antônio Carlos. **Legitimidade e Legalidade: uma distinção necessária.** Revista de Informação Legislativa. Brasília, ano 31 no. 124, Outubro/Dezembro 1994.

WEISSTEIN, Eric W. **Triangular Distribution.** MathWorld--A Wolfram Web Resource. Disponível em: <http://mathworld.wolfram.com/TriangularDistribution.html>. Acessado em 14/11/2018.

## **APÊNDICES**

## A - Planilhas de Resumo das Informações para cada caso da análise de sensibilidade

Tabela A1 – Valores Contratados para o caso da Análise de Sensibilidade onde a 1ª etapa é a mais barata e a 3ª etapa é a mais cara

Valores por etapa					
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	Total
1	Materiais	5	10	5	20
2	Mão-de-Obra	0	20	20	40
3	Propaganda	5	5	30	40
Total p/Etapa	-	10	35	55	100
% em Rel Ao Valor total contratado	-	10%	35%	55%	X

Valores Acumulados					
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	Total
1	Materiais	5	15	20	20
2	Mão-de-Obra	0	20	40	40
3	Propaganda	5	10	40	40
Total p/Etapa	-	10	45	100	100

Tabela A2 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 sem atraso

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	100,00%	100,00%		
	Valor	IIE	0,55%	9,86%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-9,80%	-2,49%	-		
	Valor	ITCE		1	1	0	

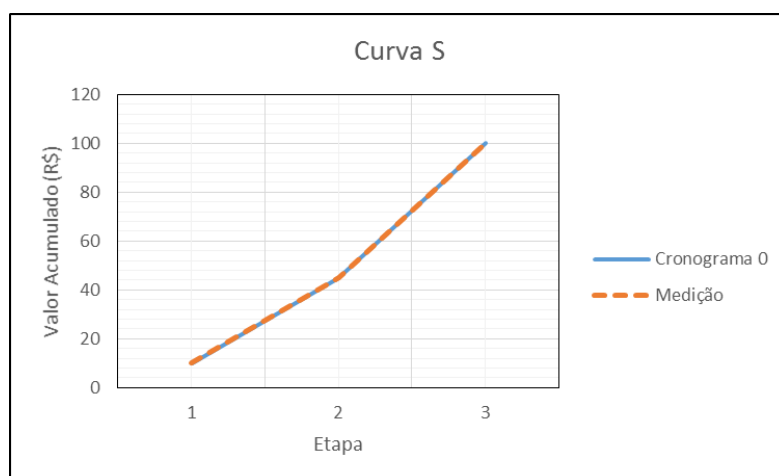


Figura A1 – Curva S referente à Tabela A2

Tabela A3 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com atraso de 10% na 1ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	80,00%	93,33%	95,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	90,00%	97,78%	99,00%		
	Valor	IIE	0,11%	12,49%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-11,66%	-1,97%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

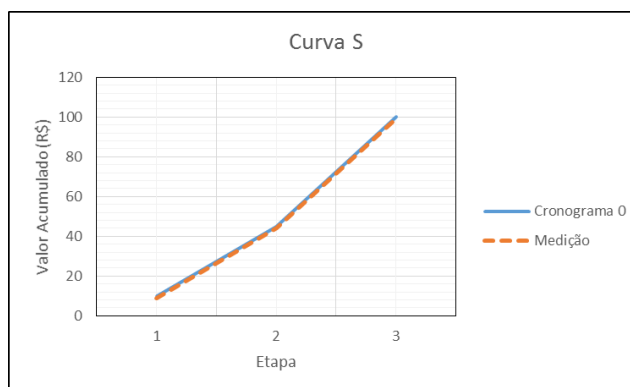


Figura A2 – Curva S referente à Tabela A3

Tabela A4 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com atraso de 50% na 1ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	0,00%	50,00%	87,50%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	50,00%	88,89%	95,00%		
	Valor	IIE	82,36%	62,30%	-		
	Faixa de Risco	IIE	ALTO	MÉDIO	-		
	Valor	IDTM	8,59%	1,08%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

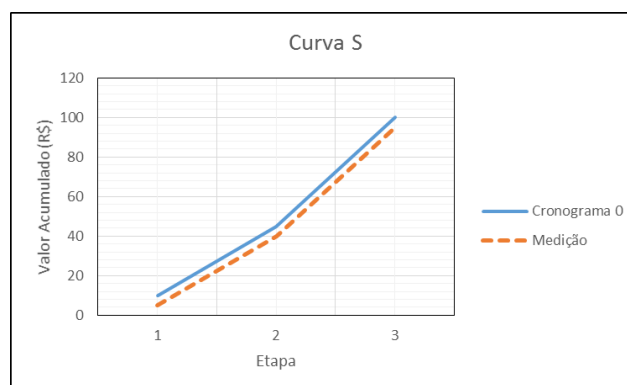


Figura A3 – Curva S referente à Tabela A4

Tabela A5 –Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com atraso de 10% na 2ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	65,00%	91,25%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	92,22%	96,50%		
	Valor	IIE	0,60%	53,17%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	MÉDIO	-		
	Valor	IDTM	-9,81%	0,54%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

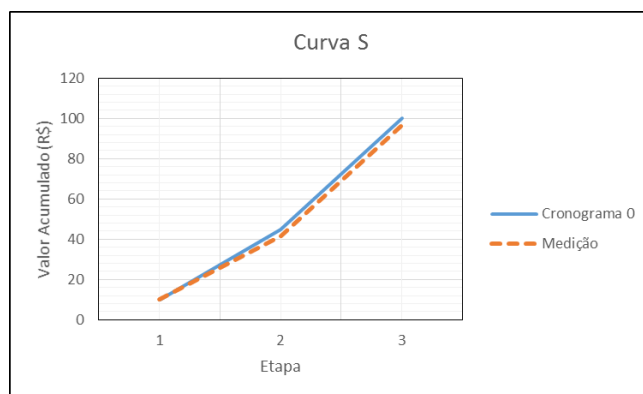


Figura A4 – Curva S referente à Tabela A5

Tabela A6 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com atraso de 50% na 2ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	37,50%	68,75%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	50,00%	87,50%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	61,11%	82,50%		
	Valor	IIE	0,60%	100,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	ALTO	-		
	Valor	IDTM	-9,81%	13,61%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

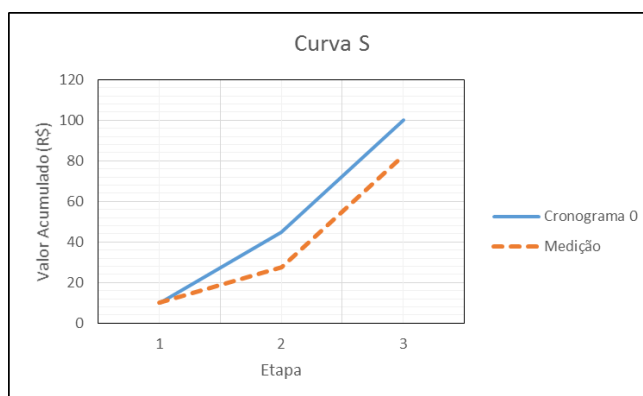


Figura A5 – Curva S referente à Tabela A6

Tabela A7 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com atraso de 10% na 1ª e 2ª etapas

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	80,00%	70,00%	77,50%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	90,00%	90,00%	95,50%		
	Valor	IIE	0,11%	11,96%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-11,68%	-3,23%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

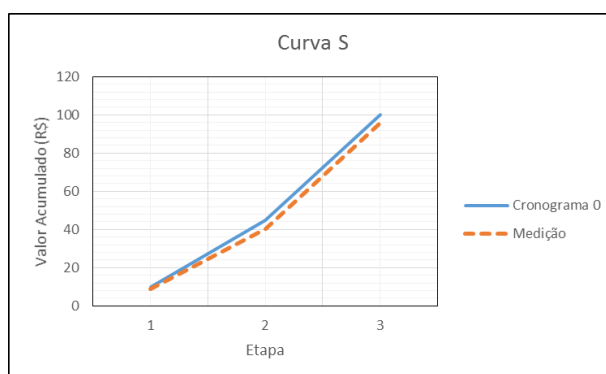


Figura A6 – Curva S referente à Tabela A7

Tabela A8 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com avanço de 10% na 1ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	120,00%	110,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	110,00%	102,22%	100,00%		
	Valor	IIE	2,34%	8,84%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-8,37%	-2,92%	-		
	Valor	ITCE	1	1	0		

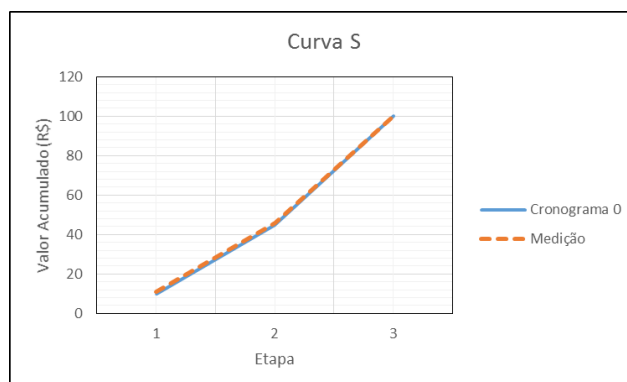


Figura A7 – Curva S referente à Tabela A8

Tabela A9 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com avanço de 10% na 2ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	135,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	107,78%	100,00%		
	Valor	IIE	0,64%	0,76%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-9,70%	-5,40%	-		
	Valor	ITCE	1	1	0		

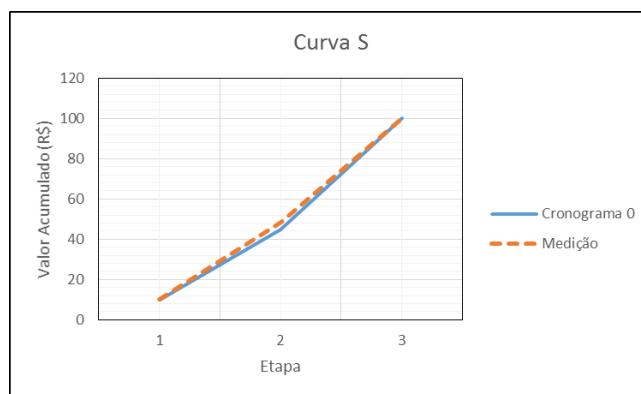


Figura A8 – Curva S referente à Tabela A9

Tabela A10 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A1 com avanço de 10% na 1ª e 2ª etapas

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	120,00%	145,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	110,00%	110,00%	100,00%		
	Valor	IIE	2,30%	0,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-8,37%	-6,02%	-		
	Valor	ITCE	1	0	0		

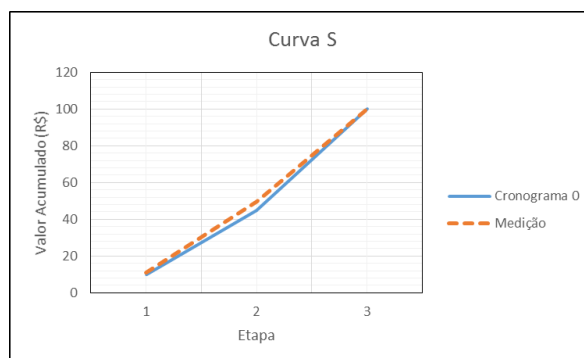


Figura A9 – Curva S referente à Tabela A10

Tabela A11 – Valores Contratados para o caso da Análise de Sensibilidade onde a 1ª etapa é a mais barata e a 3ª etapa é a mais cara

Valores por etapa					
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	Total
1	Materiais	5	10	5	20
2	Mão-de-Obra	20	20	0	40
3	Propaganda	30	5	5	40
Total p/Etapa	-	55	35	10	100
% em Rel Ao Valor total contratado	-	55%	35%	10%	X

Valores Acumulados					
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	Total
1	Materiais	5	15	20	20
2	Mão-de-Obra	20	40	40	40
3	Propaganda	30	35	40	40
Total p/Etapa	-	55	90	100	100

Tabela A12 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 sem atraso

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	100,00%	100,00%		
	Valor	IIE	1,85%	9,56%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-4,24%	-0,45%	-		
	Valor	ITCE	1	1	0		

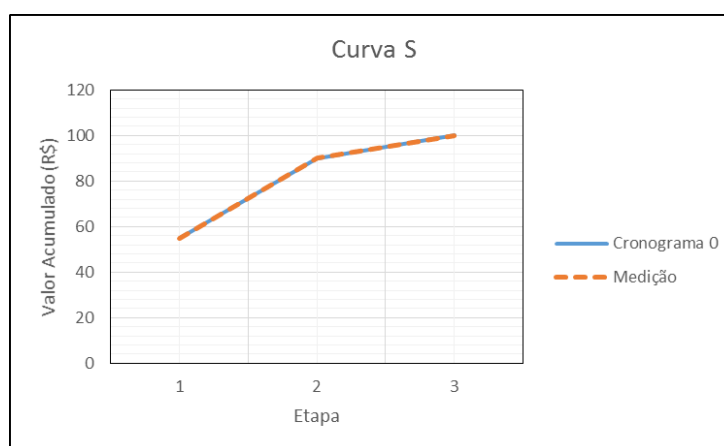


Figura A10 – Curva S referente à Tabela A12



Tabela A13 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com atraso de 10% na 1ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	0,00%	66,67%	75,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	97,50%	98,75%	98,75%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	90,00%	93,89%	94,50%		
	Valor	IIE	44,77%	100,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	MÉDIO	ALTO	-		
	Valor	IDTM	0,09%	4,96%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

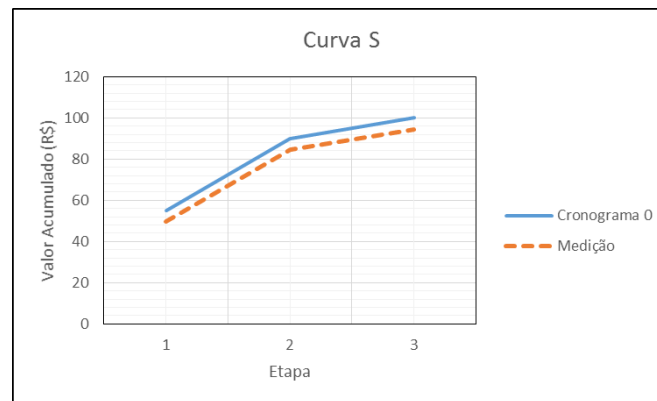


Figura A11 – Curva S referente à Tabela A13

Tabela A14 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com atraso de 50% na 1ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	0,00%	66,67%	75,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	0,00%	50,00%	50,00%		
3	Propaganda	IEA	91,67%	92,86%	93,75%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	50,00%	69,44%	72,50%		
	Valor	IIE	100,00%	100,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	ALTO	ALTO	-		
	Valor	IDTM	29,79%	26,79%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

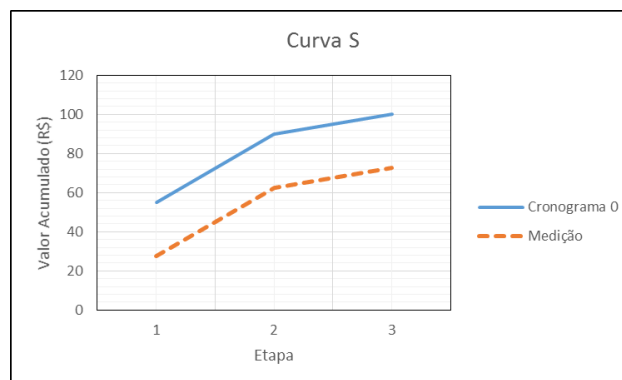


Figura A12 – Curva S referente à Tabela A14

Tabela A15 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com atraso de 10% na 2ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	76,67%	82,50%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	96,11%	96,50%		
	Valor	IIE	2,27%	100,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	ALTO	-		
	Valor	IDTM	-4,23%	2,21%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

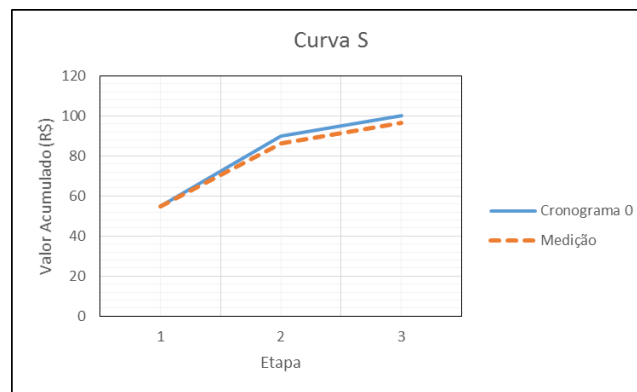


Figura A13 – Curva S referente à Tabela A15

Tabela A16 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com atraso de 50% na 2ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	68,75%	68,75%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	85,71%	87,50%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	80,56%	82,50%		
	Valor	IIE	1,98%	100,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	ALTO	-		
	Valor	IDTM	-4,22%	16,06%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

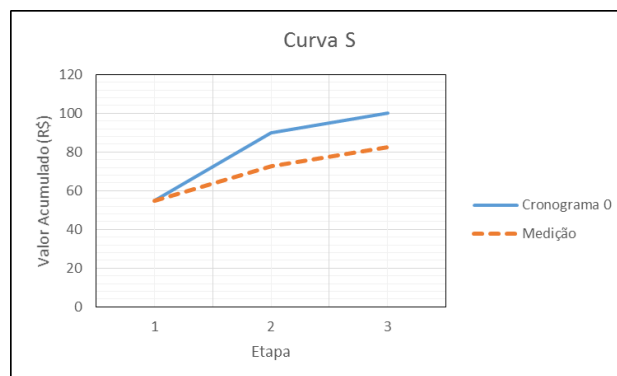


Figura A14 – Curva S referente à Tabela A16

Tabela A17 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com atraso de 10% na 1ª e 2ª etapas

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	0,00%	43,33%	57,50%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	97,50%	98,75%	98,75%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	90,00%	90,00%	91,00%		
	Valor	IIE	44,23%	100,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	MÉDIO	ALTO	-		
	Valor	IDTM	0,07%	7,59%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

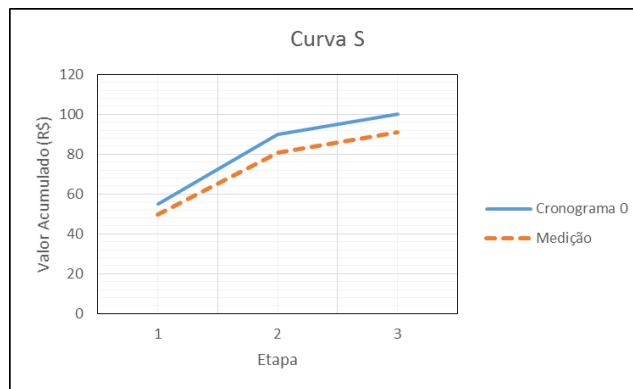


Figura A15 – Curva S referente à Tabela A17

Tabela A18 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com avanço de 10% na 1ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	200,00%	133,33%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	101,67%	101,43%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	110,00%	106,11%	100,00%		
	Valor	IIE	0,00%	0,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-9,23%	-6,39%	-		
	Valor	ITCE	0	0	0		

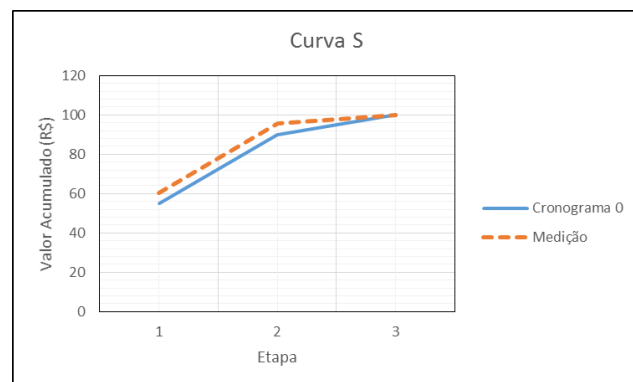


Figura A16 – Curva S referente à Tabela A18

Tabela A19 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com avanço de 10% na 2ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	123,33%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	103,89%	100,00%		
	Valor	IIE	2,42%	0,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-4,20%	-4,40%	-		
	Valor	ITCE	1	0	0		

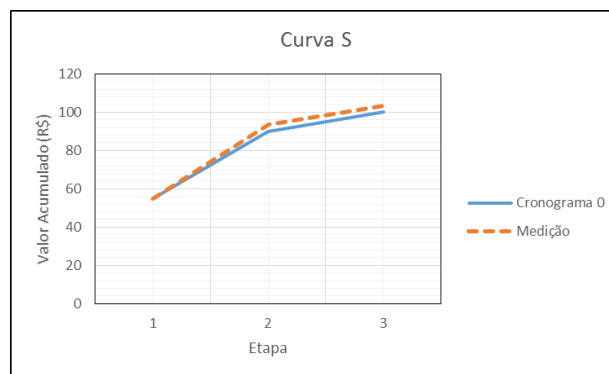


Figura A17 – Curva S referente à Tabela A19

Tabela A20 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A11 com avanço de 10% na 1ª e 2ª etapas

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	130,00%	133,33%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	113,33%	111,43%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	110,00%	110,00%	100,00%		
	Valor	IIE	0,00%	0,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	ALTO	ALTO	-		
	Valor	IDTM	-9,24%	-9,27%	-		
	Valor	ITCE	0	0	0		

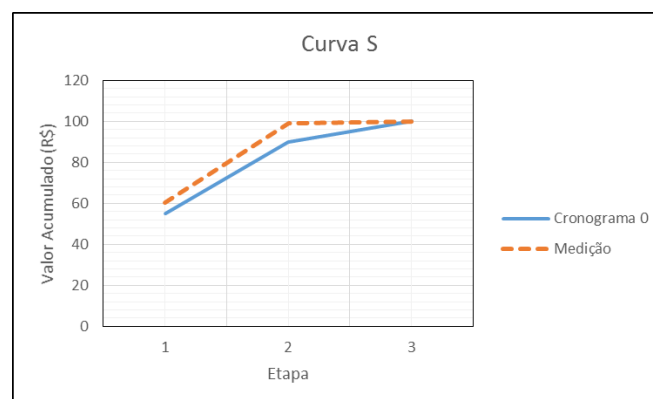


Figura A18 – Curva S referente à Tabela A20

Tabela A21 – Valores Contratados para o caso da Análise de Sensibilidade onde todas as etapas tem aproximadamente o mesmo valor

Valores por etapa					
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	Total
1	Materiais	5	8	7	20
2	Mão-de-Obra	15	15	10	40
3	Propaganda	13	10	17	40
Total p/Etapa	-	33	33	34	100
% em Rel Ao Valor total contratado	-	33%	33%	34%	X

Valores Acumulados					
Ítem	Serviço	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	Total
1	Materiais	5	13	20	20
2	Mão-de-Obra	15	30	40	40
3	Propaganda	13	23	40	40
Total p/Etapa	-	33	66	100	100

Tabela A22 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 sem atraso

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	100,00%	100,00%		
	Valor	IIE	0,41%	3,37%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-7,27%	-3,69%	-		
	Valor	ITCE	1	1	0		

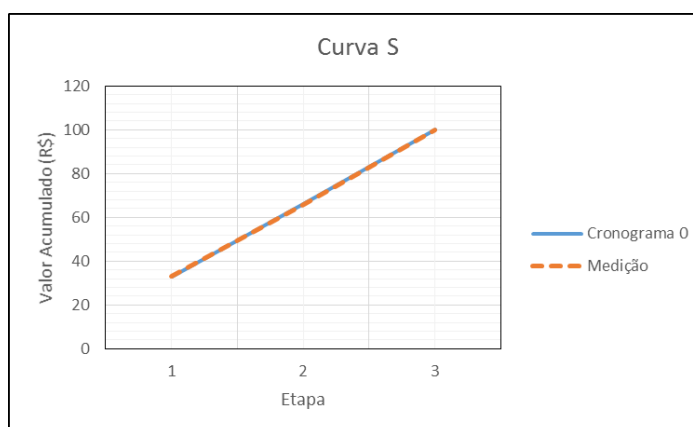


Figura A19 – Curva S referente à Tabela A22

Tabela A23 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com atraso de 10% na 1ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	34,00%	74,62%	83,50%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	90,00%	95,00%	96,70%		
	Valor	IIE	0,99%	24,59%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-6,12%	-1,09%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

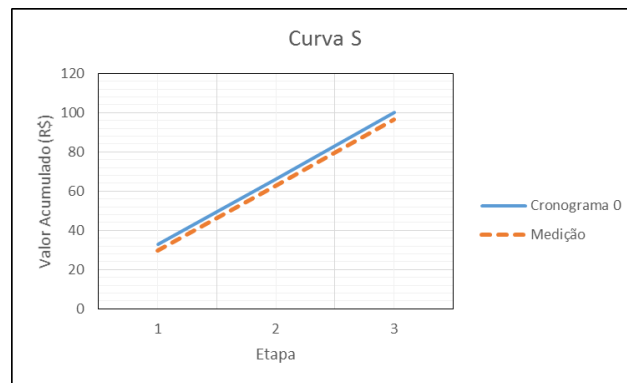


Figura A20 – Curva S referente à Tabela A23

Tabela A24 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com atraso de 50% na 1ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	90,00%	96,15%	97,50%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	46,67%	73,33%	80,00%		
3	Propaganda	IEA	38,46%	65,22%	80,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	50,00%	75,00%	83,50%		
	Valor	IIE	100,00%	100,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	ALTO	ALTO	-		
	Valor	IDTM	19,23%	11,63%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

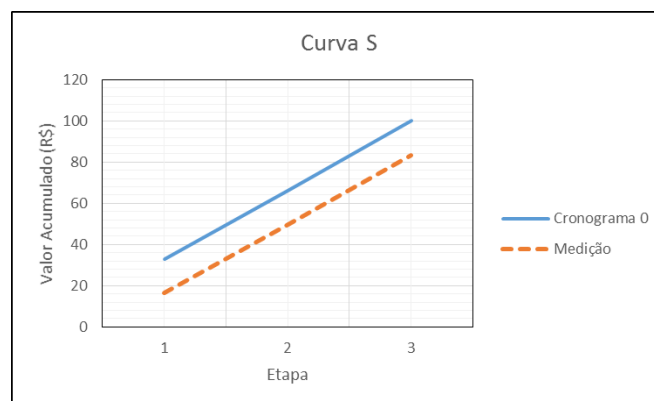


Figura A21 – Curva S referente à Tabela A24

Tabela A25 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com atraso de 10% na 2ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	74,62%	83,50%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	95,00%	96,70%		
	Valor	IIE	0,60%	25,81%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-7,30%	-1,06%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

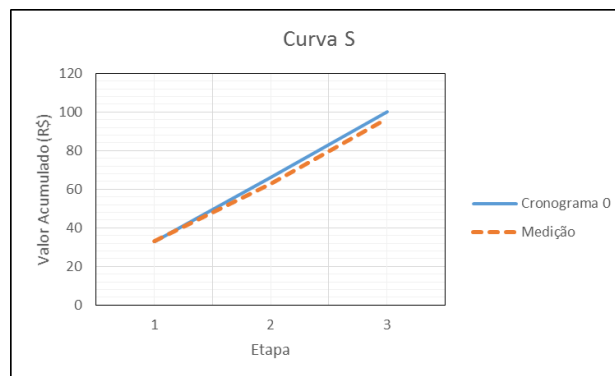


Figura A22 – Curva S referente à Tabela A25

Tabela A26 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com atraso de 50% na 2ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	96,15%	97,50%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	63,33%	72,50%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	78,26%	87,50%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	75,00%	83,50%		
	Valor	IIE	0,39%	100,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	ALTO	-		
	Valor	IDTM	-7,31%	11,63%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

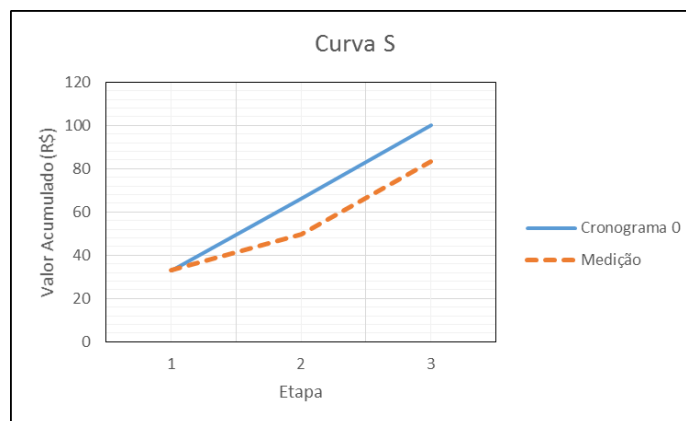


Figura A23 – Curva S referente à Tabela A26

Tabela A27 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com atraso de 10% na 1ª e 2ª etapas

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	34,00%	49,23%	67,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	90,00%	90,00%	93,40%		
	Valor	IIE	1,01%	93,82%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	ALTO	-		
	Valor	IDTM	-6,08%	1,84%	-		
	Valor	ITCE	1	1	1		

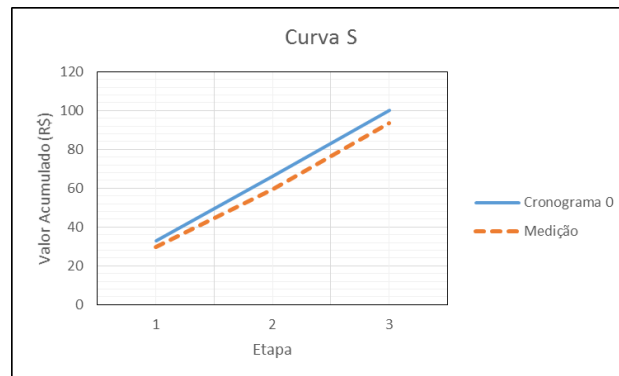


Figura A24 – Curva S referente à Tabela A27

Tabela A28 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com avanço de 10% na 1ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	166,00%	125,38%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	110,00%	105,00%	100,00%		
	Valor	IIE	0,17%	0,13%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-8,77%	-6,38%	-		
	Valor	ITCE	1	1	0		

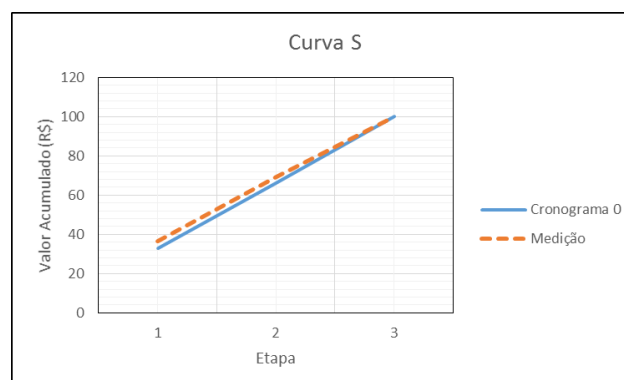


Figura A25 – Curva S referente à Tabela A28



Tabela A29 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com avanço de 10% na 2ª etapa

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	100,00%	125,38%	105,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	105,00%	101,00%		
	Valor	IIE	0,43%	0,07%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-7,30%	-6,33%	-		
	Valor	ITCE	1	1	-1		

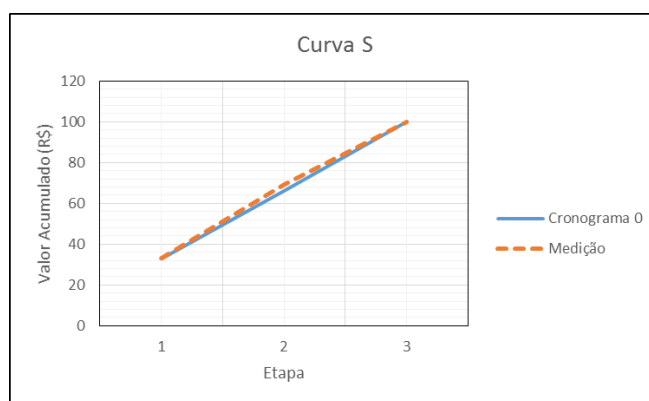


Figura A26 – Curva S referente à Tabela A29

Tabela A30 – Resumo das Informações referente aos valores executados segundo valores contratados na Tabela A21 com avanço de 10% na 1ª e 2ª etapas

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	# Etapas	3
1	Materiais	IEA	166,00%	150,77%	100,00%	# Cronogramas	1
2	Mão de Obra	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
3	Propaganda	IEA	100,00%	100,00%	100,00%		
Cronograma Vigente	Valor	IGA	110,00%	110,00%	100,00%		
	Valor	IIE	0,15%	0,00%	-		
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	-		
	Valor	IDTM	-8,70%	-9,39%	-		
	Valor	ITCE	1	0	0		

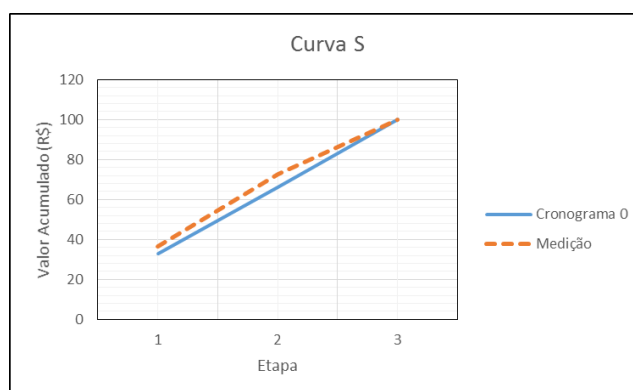
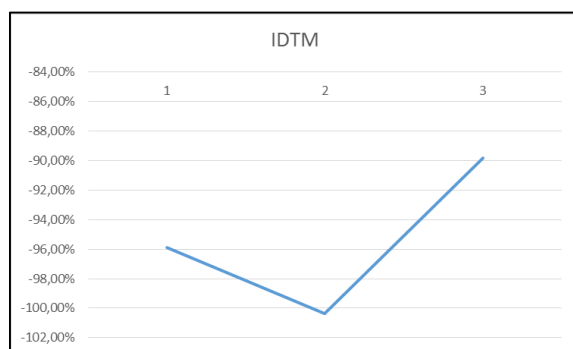
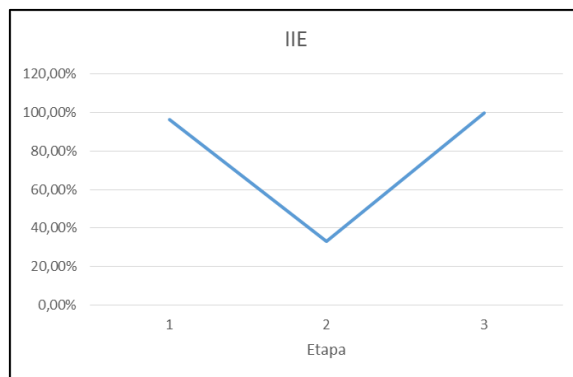
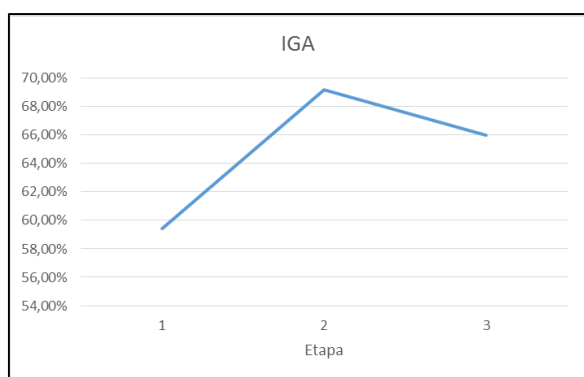


Figura A27 – Curva S referente à Tabela A30

## B – PLANILHAS REFERENTES AOS PROJETOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Tabela B1 – Planilha de Resumo das Informações do Projeto de GD baseada no cronograma original

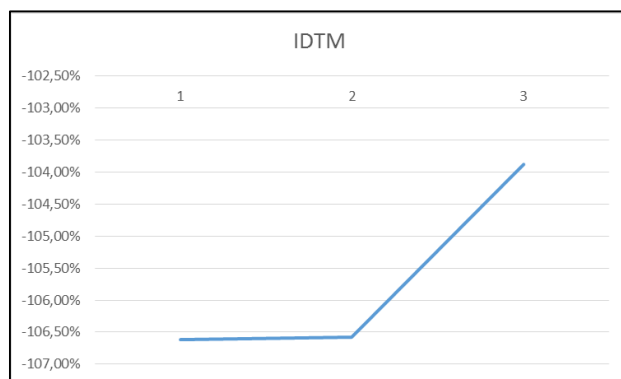
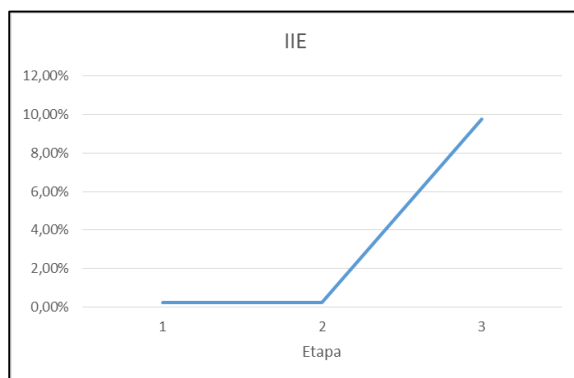
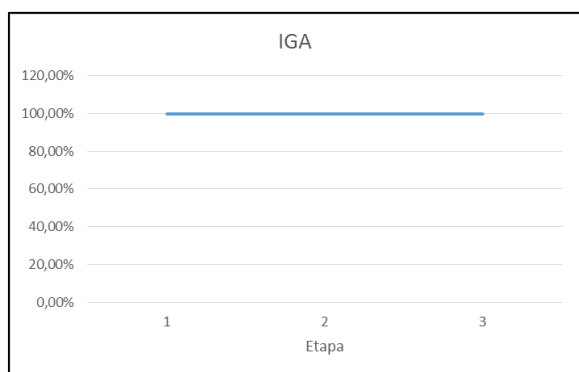
Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	IEA	40,56%	40,56%	40,56%
2	Materiais de Consumo	IEA	100,00%	100,00%	100,00%
3	Recursos Humanos	IEA	100,00%	100,00%	100,00%
4	Serviços de Terceiros	IEA	100,00%	100,00%	0,00%
5	Viagens e Diárias Nacional	IEA	100,00%	100,00%	100,00%
6	Outros - Taxa Adm.	IEA	100,00%	100,00%	100,00%
Cronograma Vigente	Valor	IGA	59,43%	69,21%	66,00%
	Valor	IIE	96,58%	33,20%	100,00%
	Faixa de Risco	IIE	ALTO	BAIXO	ALTO
	Valor	IDTM	-95,87%	-100,38%	-89,84%
	Valor	ITCE	1	1	2



Figuras B1, B2 e B3 – Evolução do IGA, IIE e IDTM ao longo das primeiras 3 etapas do Projeto de GD com base no cronograma original do empreendimento.

Tabela B2 – Planilha de Resumo das Informações do Projeto de GD após o remanejamento do cronograma

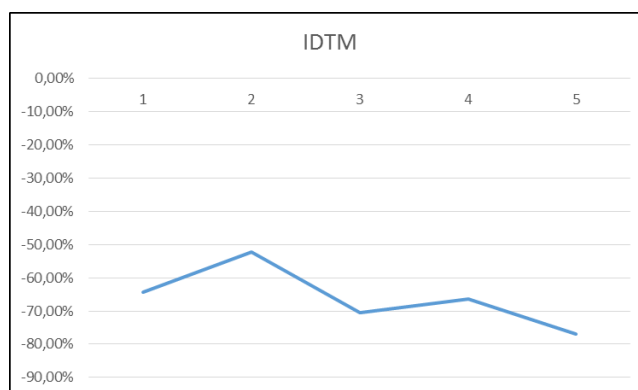
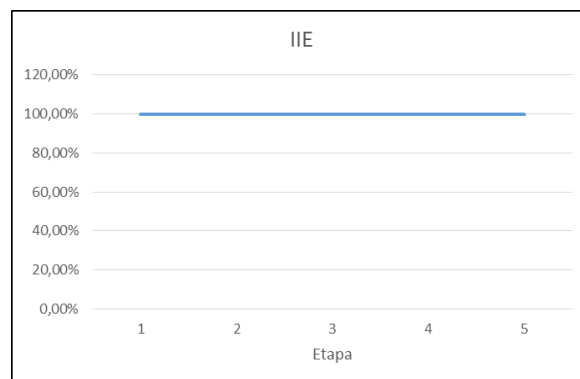
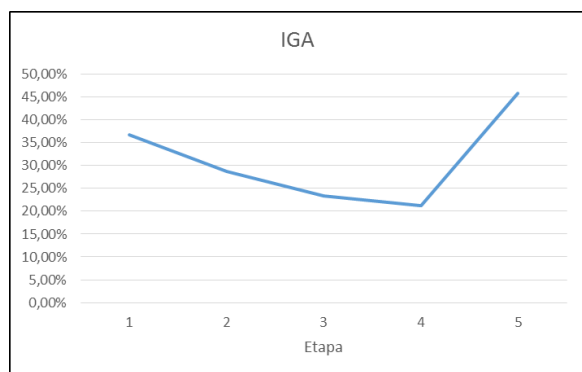
Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	IEA	100,00%	100,00%	100,00%
2	Materiais de Consumo	IEA	100,00%	100,00%	100,00%
3	Recursos Humanos	IEA	100,00%	100,00%	100,00%
4	Serviços de Terceiros	IEA	100,00%	100,00%	100,00%
5	Viagens e Diárias Nacional	IEA	100,00%	100,00%	100,00%
6	Outros - Taxa Adm.	IEA	100,00%	100,00%	100,00%
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	100,00%	100,00%
	Valor	IIE	0,23%	0,21%	9,77%
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	BAIXO
	Valor	IDTM	-106,62%	-106,58%	-103,88%
	Valor	ITCE	1	1	1



Figuras B4, B5 e B6 – Evolução do IGA, IIE e IDTM ao longo das primeiras 3 etapas do Projeto de GD com base no cronograma remanejado do empreendimento.

Tabela B3 – Planilha de Resumo das Informações do Projeto de EE baseada no cronograma original

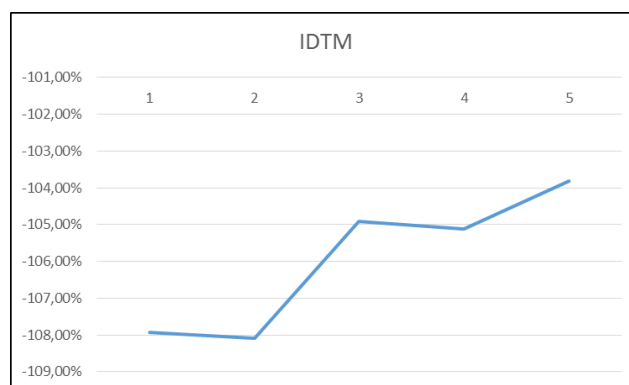
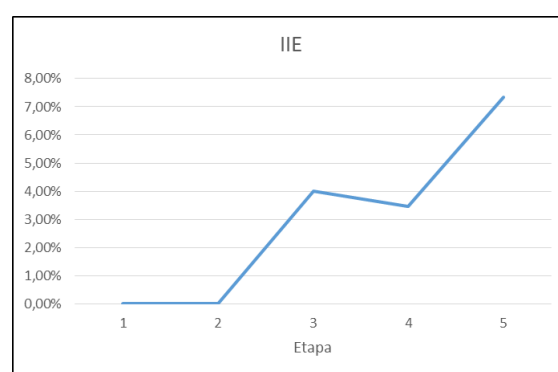
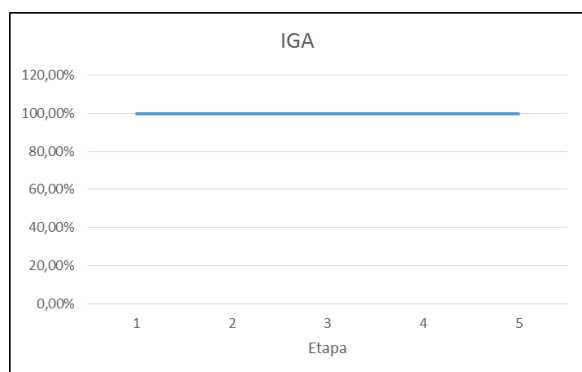
Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa	
1	Materiais e Equipamentos	IEA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	39,18%	
2	Materiais de Consumo	IEA	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
3	Recursos Humanos	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
4	Serviços de Terceiros	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
5	Viagens e Diárias Nacional	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	
6	Outros - Taxa Adm.	IEA	1412,09%	1412,09%	1412,09%	1412,09%	1412,09%	
Cronograma Vigente		Valor	IGA	36,69%	28,67%	23,29%	21,29%	45,87%
		Valor	IIE	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
		Faixa de Risco	IIE	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
		Valor	IDTM	-64,38%	-52,28%	-70,54%	-66,36%	-76,95%
		Valor	ITCE	6	8	5	6	4



Figuras B7, B8 e B9 – Evolução do IGA, IIE e IDTM ao longo das primeiras 5 etapas do Projeto de EE com base no cronograma original do empreendimento.

Tabela B4 – Planilha de Resumo das Informações do Projeto de EE após o remanejamento do cronograma

Ítem	Serviço	Índice	1a Etapa	2a Etapa	3a Etapa	4a Etapa	5a Etapa
1	Materiais e Equipamentos	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
2	Materiais de Consumo	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
3	Recursos Humanos	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
4	Serviços de Terceiros	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
5	Viagens e Diárias Nacional	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
6	Outros - Taxa Adm.	IEA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Cronograma Vigente	Valor	IGA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
	Valor	IIE	0,01%	0,01%	4,01%	3,46%	7,35%
	Faixa de Risco	IIE	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO	BAIXO
	Valor	IDTM	-107,93%	-108,10%	-104,92%	-105,13%	-103,82%
	Valor	ITCE	1	1	1	1	1



Figuras B10, B11 e B12 – Evolução do IGA, IIE e IDTM ao longo das primeiras 5 etapas do Projeto de EE com base no cronograma remanejado do empreendimento.