

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

USINA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE
ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA
INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
COM OPERAÇÃO ILHADA

ROSÂNDELA OLIVEIRA BARBOSA

DM ____/____

UFPA / ITEC / PPGEE
Campus Universitário do Guamá
Belém-Pará-Brasil
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ROSÂNDELA OLIVEIRA BARBOSA

USINA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE
ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA
INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
COM OPERAÇÃO ILHADA

DM ____/____

UFPA / ITEC / PPGEE
Campus Universitário do Guamá
Belém-Pará-Brasil
2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ROSÂNDELA OLIVEIRA BARBOSA

USINA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE
ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA
INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
COM OPERAÇÃO ILHADA

Dissertação submetida à Banca
Examinadora do Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Elétrica da
UFPA para a obtenção do Grau de
Mestre em Engenharia Elétrica.

UFPA / ITEC / PPGEE
Campus Universitário do Guamá
Belém-Pará-Brasil
2011

B238u Barbosa, Rosândela Oliveira

Usina de geração distribuída de energia elétrica através da incineração de resíduos sólidos com operação ilhada / Rosândela Oliveira Barbosa; orientadora, Maria Emília de Lima Tostes.-2011.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Belém, 2011.

1. Energia elétrica - produção. 2. Geração distribuída de energia elétrica. 3. Usinas elétricas. I. orientador. II. título.

CDD 22. ed. 621.3121

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

USINA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA AT RAVÉS
DA INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS COM OPERAÇÃO ILHADA

AUTOR: ROSÂNDELA OLIVEIRA BARBOSA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À AVALIAÇÃO DA
BANCA EXAMINADORA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ E JULGADA
APROVADA PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA ELÉTRICA
NA ÁREA DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA.

APROVADA EM 28 / 02 / 2011

BANCA EXAMINADORA:

Prof^ª. Dr^ª. MARIA EMÍLIA DE LIMA TOSTES
(ORIENTADORA – UFPA)

Prof^ª. Dr^ª. CAROLINA DE MATTOS AFFONSO
(CO-ORIENTADORA – UFPA)

Prof. Dr. UBIRATAN HOLANDA BEZERRA
(MEMBRO – UFPA)

Prof. Dr. CLÁUDIO LUCIANO DA ROCHA CONDE
(MEMBRO – SEDECT)

VISTO:

Prof. Dr. MARCUS VINICIUS ALVES
(COORDENADOR DO PPGEE/ITEC/UFPA)

Dedico aos meus pais e ao meu
irmão Edson Barbosa (in
memorian).

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a Deus por me conceder mais esta oportunidade para a realização dos meus objetivos;

Aos meus pais, minha real motivação, pelo amor e confiança em mim depositados;

As Professoras Dr^a. Maria Emília de Lima Tostes e Dr^a. Carolina de Mattos Afonso, pelas suas orientações e recomendações efetuadas e aplicadas neste trabalho, bem como a compreensão espontânea e apoio concebido por ambas.

Ao Professor Msc. Airton Lobato Luz, pelos seus ricos ensinamentos diários ao longo deste trabalho;

A Universidade Federal do Pará (UFPA) por conceder estrutura de ensino essencial para a conclusão desta pesquisa;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro;

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA/CNPq) pelo apoio financeiro via rede de pesquisa em energias. Aos administradores dos municípios que muito contribuíram através do fornecimento dos dados necessários para a realização desta pesquisa;

A equipe técnica da Concessionária de Energia Rede Celpa que proporcionou o acesso aos dados julgados fundamentais para a conclusão deste trabalho;

E, a todos os meus amigos que sempre me incentivaram para concretizar este sonho.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. O CENÁRIO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Os Problemas dos Resíduos Sólidos Urbanos.....	3
1.2.1 O Conceito de Resíduos Sólidos urbanos.....	3
1.2.2 Classificação de Resíduos Sólidos.....	3
1.2.3 A Produção e Composição dos Resíduos Sólidos Urbanos.....	4
1.2.4 A Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos.....	5
1.3 Sistemas para Aproveitamento do Lixo para Geração de Energia Elétrica.....	8
1.4 Objetivo do Trabalho.....	14
1.5 Metodologia.....	14
1.6 Estrutura do Trabalho.....	15
CAPÍTULO 2. O CENÁRIO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA AMAZÔNIA	
2.1 Introdução.....	16
2.2 O Cenário dos Resíduos Sólidos da Região Modelo da Amazônia.....	16
2.3 Características Populacionais.....	22
2.4 Características Econômicas.....	22
2.5 Serviços de Transporte.....	23
2.6 Abastecimento de Água.....	24
2.7 Atendimento de Energia Elétrica.....	24
2.8 Cenário da Gestão dos Resíduos Sólidos dos Municípios Pesquisados.....	24
2.8.1 O Transporte e Pessoal Envolvido na Coleta.....	25
2.8.2 Locais de Coleta, Período, Quantidade e Destinação Final dos Resíduos Sólidos.....	26
2.8.3 A Presença de Catadores nos Lixões.....	30
2.8.4 Cenário do Tratamento do Lixo Hospitalar.....	31

2.9 Estimativa da Quantidade de Resíduos Sólidos a serem Coletados nos Municípios.....	34
2.10 Empreendimento Proposto a partir do Cenário dos Resíduos Sólidos Produzidos pelos Municípios.....	35
2.10.1 A Localização do Empreendimento Proposto.....	36
2.10.2 A Coleta a ser Implantada.....	38
2.10.3 Os Trajetos Propostos para a Fonte de Energia Primária da Usina Geradora de Energia Elétrica.....	38
2.11 Conclusão.....	40
CAPÍTULO 3. PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	
3.1 Introdução.....	41
3.2 A Usina Geradora de Energia Elétrica.....	41
3.2.1 Características dos Sistemas de Processamento dos Resíduos Sólidos Urbanos.....	41
3.2.2 Características da Usina de Geração de Energia Elétrica Proposta.....	43
3.3 O Problema da Interconexão da Geração Distribuída.....	46
3.4 As Vantagens de um Sistema de Geração Distribuída a partir do Lixo.....	47
3.5 Conclusão.....	48
CAPÍTULO 4. O FLUXO DE CARGA ESPECÍFICO PARA OS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO E SUBTRANSMISSÃO	
4.1 Introdução	49
4.2 O Sistema de Distribuição.....	49
4.3 A Operação dos Sistemas de Distribuição.....	52
4.4 A Expansão dos Sistemas de Distribuição.....	54
4.5 O Programa de Fluxo de Carga como Ferramenta de Estudo do Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição.....	56
4.5.1 Características do Fluxo de Carga utilizado nesta Pesquisa.....	64

CAPÍTULO 5. SIMULAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA RESÍDUOS SÓLIDOS

5.1 Introdução.....	69
5.2 O Sistema Elétrico que atende a Região em Estudo.....	69
5.2.1 Características da Subestação do Município Colares.....	70
5.2.2 Características da Subestação do Município Vigia.....	71
5.3 O Estudo de Previsão de Carga das Subestações Vigia e Colares.....	71
5.3.1 O Estudo de Previsão de Carga do Alimentador CL- 01 da SE Colares.....	71
5.3.2 Dados de Entrada do Programa de Fluxo de Carga EXPANSÃO para o Alimentador CL-01 no Ano 2009.....	72
5.3.3 Os Resultados do Fluxo de Carga do programa EXPANSÃO para o Alimentador CL-01, para o ano 2009.....	74
5.3.4 Dados de Entrada do Programa de Fluxo de Carga EXPANSÃO para o Alimentador CL-01 no Ano 2015.....	76
5.3.5 Os Resultados do Fluxo de Carga do programa EXPANSÃO para o Alimentador CL-01, para o ano 2015.....	77
5.3.6 O Estudo de Previsão de Carga do Alimentador CL- 02 da SE Colares.....	78
5.3.7 Dados de Entrada do Programa de Fluxo de Carga EXPANSÃO para o Alimentador CL-02 no Ano 2009.....	79
5.3.8 Os Resultados do Fluxo de Carga do programa EXPANSÃO para o Alimentador CL-02, para o ano 2009.....	81
5.3.9 Dados de Entrada do Programa de Fluxo de Carga EXPANSÃO para o Alimentador CL-02 no Ano 2015.....	82
5.3.10 Os Resultados do Fluxo de Carga do programa EXPANSÃO para o Alimentador CL-02, para o ano 2015.....	83
5.4 Solução para o Carregamento das Subestações Colares e Vigia em Função dos Resultados da Previsão de Carga para seus Alimentadores.....	84

5.5 O Estudo de Previsão de Carregamento da Linha de 34,5kV que supre as Subestações Colares e Vigia.....	86
5.5.1 Solução para os Problemas de Queda de Tensão da Linha de 34,5 kV diante dos Resultados do Fluxo de Carga.....	88
5.6 Custos da Solução Técnica para a Expansão do Sistema da Região.....	93
5.7 Proposta de Solução Alternativa Técnica-Econômica e Ambiental para a Expansão do Sistema da Região.....	94
5.7.1 Custos da Solução Proposta com a implantação da Usina.....	96
5.8 Conclusão.....	98
CONCLUSÃO.....	99
PROPOSTA PARA DESENVOLVIMENTO DE TRABALHOS FUTUROS.....	101
BIBLIOGRAFIA.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Composição dos Resíduos Sólidos no Brasil	5
Figura 1.2 Usina de Geração de Energia Elétrica através da incineração de resíduos instalada na Itália.....	10
Figura 1.3 Usina de Geração de Energia Elétrica através da incineração de resíduos instalada na França.....	10
Figura 1.4 (a) e (b) - Usinas de Geração de Energia Elétrica, através da incineração de resíduos, instaladas em Tóquio.....	11
Figura 1.5 Imagem do prédio do Centro Tecnológico Usina Verde – Rio de Janeiro.....	12
Figura 1.6 Imagem Usina Verde – área do processo de lavagem dos gases.....	13
Figura 2.1 Visualização da localização dos municípios São Caetano de Odivelas, Colares, Vigia de Nazaré, Santo Antonio do Tauá e Santa Izabel do Pará.....	17
Figura 2.2 Paisagens de Colares (a) – farol na frente do município (b)- sede municipal (c)- rio Guajará Miri (d)- Igarapé.....	18
Figura 2.3 Detalhes de Vigia (a) – vista do porto (b)- igreja de pedra do século XVIII (c)- carnaval (d)- cívico de vigia.....	19
Figura 2.4 Ilustrações de São Caetano de Odivelas.	20
Figura 2.5 Município de Santa Izabel do Pará (a) – entrada da sede municipal (b)- igarapé Caraparu.....	21
Figura 2.6 Município Santo Antônio do Tauá (a) – sede municipal (b)- rio em Tauá.....	21
Figura 2.7 Queima e lançamento de lixo em rio.....	28
Figura 2.8 Lixão do município Colares.....	28
Figura 2.9 Lixão do município de Vigia	28
Figura 2.10 Lixão do município Santo Antônio do Tauá.....	29
Figura 2.11 Lixão do município de Santa Izabel.....	29
Figura 2.12 Lixão do município São Caetano de Odivelas.....	29

Figura 2.13 Presença de catadores nos lixões (a) – catadores no lixão de Santo Antonio Tauá; (b)- catadores no lixão de S. C. de Odivelas e (c)- catadores no lixão de Santa Izabel.....	31
Figura 2.14 Destinação do lixo hospital de Colares.....	33
Figura 2.15 Destinação final do lixo hospitalar (a)- lixão do município de Vigia, (b)- lixão do município de Santo Antônio do Tauá e (c)- lixão do município de Santa Izabel.....	33
Figura 2.16 Transporte do lixo hospitalar, (a)- transporte de Vigia e (b)-transporte de Santo Antonio de Tauá.	34
Figura 2.17 Partes componentes do empreendimento proposto.....	36
Figura 2.18 Localização do projeto proposto.....	37
Figura 2.19 Trajetos propostos para serem realizados pelos municípios na coleta dos resíduos não recicláveis, assim como a coleta dos recicláveis pela cooperativa de catadores.....	39
Figura 3.1 Etapas do processo de lavagem dos gases.....	43
Figura 4.1 Diagrama Unifilar de um Sistema de Distribuição.....	50
Figura 4.2 Estrutura tradicional de um sistema de potência.....	51
Figura 4.3 Rede radial simplificada, contendo os pontos (barras de carga).....	57
Figura 4.4 Rede radial, destacando as demandas acumuladas nas barras, sem considerar as perdas dos ramos: (a) destaca a potência acumulada nas barras 4 e 5, (b) destaca a potência acumulada na barra 3 e (c) destaca a potência acumulada na barra 2.....	58
Figura 4.5 Sistema radial de distribuição (a) – Sistema equivalente de suas barras para cálculo de tensão, (b)- Diagrama vetorial	60
Figura 4.6 Desdobramento do alimentador.....	62
Figura 4.7 Trecho do alimentador entre as barras 3 e 5.....	63
Figura 4.8 Trecho do alimentador entra as barras 2 e 3 e 3 e 5.....	64
Figura 5.1 Sistema Elétrico do trecho SE Terra Alta para as SE's Colares e Vigia, destacando-se os alimentadores da subestação Colares, CL-01 e CL-02.....	70

Figura 5.2 Diagrama Unifilar do Alimentador CL-01.....	71
Figura 5.3 Diagrama de Barras do Alimentador CL-01.....	72
Figura 5.4 Diagrama unifilar Alimentador CL-02.....	78
Figura 5.5 Diagrama de Barras Alimentador CL-02.....	78
Figura 5.6 Diagrama de barras da linha em 34,5kV que tem origem na subestação Terra Alta e atende a subestação Colares (barra2) e subestação Vigia (barra 3), (a)- dados de 2009 e (b) dados de 2015.....	87
Figura 5.7 Interconexão da usina geradora de energia elétrica através de resíduos sólidos ao alimentador de distribuição, com operação ilhada.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil.....	7
Tabela 1.2 Usinas de geração de energia elétrica a partir da incineração de resíduos urbanos em operação existentes no mundo.....	9
Tabela 2.1 Área, população e densidades demográficas dos municípios da região modelo.....	22
Tabela 2.2 Planilha utilizada na pesquisa sobre a gestão dos resíduos sólidos dos Municípios envolvidos na pesquisa.....	25
Tabela 2.3 Dados de transporte e pessoal envolvido na coleta dos resíduos sólidos dos Municípios envolvidos na pesquisa.....	26
Tabela 2.4 Locais de coleta, período, quantidade e destinação final dos resíduos sólidos.....	27
Tabela 2.5 Número de catadores existentes nos lixões nos municípios pesquisados.....	30
Tabela 2.6 Cenário do tratamento do lixo hospitalar.....	32
Tabela 2.7 Distâncias atualmente percorridas para o deslocamento até os lixões e os novos trajetos propostos pelo projeto.....	39
Tabela 3.1 Extraída de (USINA VERDE, 2009) demonstra os dados de potência gerada e de atendimentos de energia elétrica.....	44
Tabela 3.2 Resultados de o retorno financeiro com a implantação de usina a incineração dos resíduos sólidos urbanos.....	45
Tabela 4.1 Tensões Nominais Padronizadas de Baixa Tensão – Prodist Módulo 3.....	52
Tabela 4.2 Limites de Tensão Nominal igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV (AT).....	53
Tabela 4.3 Limites de Tensão Nominal superior a 1 kV e inferior a 69 kV (MT).....	53
Tabela 4.4 Limites de Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (220/127) (BT).....	53

Tabela 4.5	Limites de Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (380/220) (BT).....	54
Tabela 4.6	Limites de Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (254/127) (BT).....	54
Tabela 4.7	Limites de Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (440/220) (BT).....	54
Tabela 5.1	Cenários dos alimentadores da SE Colares para os anos 2009 e 2015.....	84
Tabela 5.2	Cenários dos alimentadores da SE Vigia para os anos 2009 e 2015 quando aplicado o percentual de 35% de acréscimo de demanda.....	85

RESUMO

O trabalho em questão apresenta uma proposta do suprimento de energia elétrica de um alimentador de distribuição pela operação isolada de uma usina geradora de energia elétrica que utiliza como fonte primária a energia calorífica da incineração de resíduos sólidos urbanos. O suprimento proposto é sugerido após a constatação do esgotamento da capacidade da subestação supridora desse alimentador. O esgotamento é verificado a partir de simulações realizadas no sistema de distribuição real da Rede Celpa, localizado na região Nordeste do Estado do Pará, o qual atende os municípios Santa Izabel do Pará, Santo Antonio do Tauá, Colares, Vigia e São Caetano de Odivelas. Nas simulações é utilizado um programa de fluxo de carga desenvolvido especificamente para os sistemas radiais de distribuição e da subtransmissão. A proposta de suprimento via geração de energia elétrica através da incineração dos resíduos sólidos urbanos se dá a partir do confronto entre as alternativas de expansão (a alternativa técnica normalmente praticada pela concessionária) e a alternativa técnica-econômica-ambiental sugerida neste trabalho que demonstra as vantagens econômicas, sociais e ambientais da proposta.

PALAVRAS-CHAVES: Usina Geradora de Energia Elétrica; Resíduos Sólidos Urbanos; Sistema de Distribuição.

ABSTRACT

This work presents a proposal to supply electricity to a distribution feeder for the operation of an isolated electric generating power plant that uses as primary source of energy heat from the incineration of solid waste. This suggested supply system is justified after the substation supplying capacity to this feeder is exhausted. The capacity exhaustion is verified from simulations in the real Rede Celpe distribution system, located in the northeastern region of the state of Para, which supply the municipalities Santa Izabel do Para, Santo Antonio do Tauá, Colares, Vigia and São Caetano de Odivelas. In the simulations studies is used a load flow program specifically developed for distribution and subtransmission radial systems. The proposed supply system using electrical energy generation through incineration of the municipal solid wastes occurs from the comparison between the expansion alternatives namely the technical alternative used normally by the utility and technical-economical-environmental alternative suggested in this paper that show the economic, social and environmental advantages of the proposal.

KEYWORDS: Electric Generating Power Plant; Solid Waste; Distribution System.

CAPÍTULO 1

O CENÁRIO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

1.1 Introdução

Ultimamente o mundo tem presenciado um grande desafio. De um lado a necessidade de mais geração de energia elétrica para suprir as necessidades que crescem à medida que se progride tecnologicamente; de outro a grande preocupação com a questão ambiental. Este conflito favorece a busca por alternativas de geração de energia elétrica que não contribuam para o aumento da poluição ambiental.

A geração de pequeno porte, chamada de geração distribuída (GD), tem como principal objetivo a geração de eletricidade para atendimento de cargas isoladas ou cargas do sistema interligado. Este tipo de geração, que pode utilizar fontes de energia renováveis ou não renováveis, é localizado próximo aos consumidores. Esta GD é vista como uma saída para amenizar os problemas ambientais oriundos da geração de energia elétrica, tendo em vista que o potencial de expansão de geração convencional, (como as hidroelétricas, por exemplo) de grande porte é limitado, pois além de demandar elevados custos e tempo para instalação, grande parte dos locais adequados já foi utilizada e os locais que restam são sensíveis às questões sócio-econômicas e ambientais para serem explorados.

Acontecimentos ocorridos no sistema elétrico brasileiro como o blecaute que atingiu 18 estados brasileiros em 2009 demonstram a fragilidade deste setor elétrico. Esses grandes desligamentos são resultados, dentre outras razões, do grande bloco de carga suprido por um grande sistema de geração, característica do sistema de geração do Brasil predominantemente hídrica. Neste cenário verifica-se a busca de um modelo de geração mais descentralizado, como é o caso da geração distribuída.

Segundo Haddad, a GD é fundamental ao processo da garantia de fornecimento mesmo em momentos de racionamento, por apresentar algumas vantagens estratégicas como: independência de redes de transmissão e distribuição de energia das concessionárias e permitem, também em princípio, aumentar a eficiência e efetuar uma otimização energética alternativa para a falta de recursos para investimentos em geração de grande porte (HADDAD, 2006)

Há algum tempo vem se estudando os impactos da GD na operação do sistema de distribuição, porém ainda hoje esses impactos são vistos como uma das diversas dificuldades enfrentadas durante a inserção da GD no sistema de distribuição convencional. Para garantir a segurança e confiabilidade do sistema, a GD deve operar em sincronismo com o sistema de distribuição convencional, para tal, alguns estudos são realizados, como o estudo de fluxo de potência, tendo em vista que com a inserção da GD no sistema de distribuição os fluxos de potência podem ser invertidos, e ainda o estudo de proteção do sistema, uma vez que estes não foram projetados para receberem um nível de penetração de GD.

A GD pode ser concebida a partir de diferentes fontes primárias de energia, desde fontes não renováveis, como o gás natural e óleo diesel, como as renováveis, dentre elas a energia solar, eólica e a biomassa, esta última podendo ser obtida a partir de vegetais não lenhosos, de vegetais lenhosos, como a madeira e seus resíduos, e também orgânicos, nos quais se encontram os resíduos agrícolas, urbanos e industriais. (CORTEZ, 2008).

Atualmente o Brasil enfrenta sérios problemas sociais e ambientais com a forma inadequada de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, que tende a crescer com o aumento do consumo de bens descartáveis. Dados do IBGE/2000 mostram que 90 mil toneladas de lixo são lançadas diariamente em lixões e encostas de rios, e isso favorece o aparecimento de doenças, a exemplo, em 2005 houve 580 mil internações por doenças relacionadas ao saneamento inadequado, e grande emissão do gás metano, o qual é considerado o pior gás ao efeito estufa (IDS/IBGE 2008).

Diante deste cenário da necessidade de gerar mais eletricidade sem agredir o meio ambiente e aliado à necessidade de solucionar a questão da destinação inadequada dos resíduos sólidos urbanos, este trabalho propõe a geração de energia elétrica distribuída através da incineração dos resíduos sólidos urbanos com ênfase para que a operação desse sistema seja independente do sistema convencional de distribuição.

A incineração quando realizada de modo controlado, com o devido tratamento dos gases da combustão, com tecnologia já existente para esse fim, é uma das melhores alternativas para a destinação final dos resíduos sólidos (IPCC/ONU, 2007).

Além de se constituir numa fonte alternativa de geração de energia, sem a necessidade de importação de outros países (como é o caso do gás natural), a incineração dos resíduos sólidos não compromete a elevação da temperatura do planeta por evitar a formação do gás metano que são formados nos lixões e aterros sanitários. A incineração de resíduos sólidos

para geração de energia elétrica, além dos benefícios ambientais inerentes, proporciona a redução de custos com a construção de aterros sanitários e com o tratamento de doenças por falta de saneamento básico. Deste modo, pretende-se propor como objetivo deste trabalho o aproveitamento dos resíduos sólidos para a geração de energia elétrica. Neste sentido, faz-se nos próximos itens deste capítulo uma abordagem do cenário dos resíduos sólidos urbanos e do seu aproveitamento para geração de energia elétrica através de sua incineração.

1.2 Os Problemas dos Resíduos Sólidos Urbanos

1.2.1 O Conceito de Resíduos Sólidos Urbanos

Os Resíduos Sólidos Urbanos, também chamados comumente de Lixo, são subprodutos das atividades humanas, atividades que podem ser residenciais, comerciais, industriais e rurais.

O conceito oficial dos resíduos sólidos, de acordo com a ABNT/NBR-10004/2004, diz que: “resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam, para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível” (ABNT/NBR-10004/2004).

1.2.2 Classificação de Resíduos Sólidos

Existem várias classificações para os resíduos sólidos, variando de acordo com cada autor. O autor L.M.Q Lima determina a classificação do lixo de acordo com o critério de origem e produção em: Residencial; Comercial; Industrial; Hospitalar; Especial e Outros (LIMA, 2004)

- **Lixo residencial**, também chamado de lixo domiciliar ou doméstico, é constituído, em geral, por sobras de alimentos, invólucros, papéis, papelões, plásticos, vidros, trapos etc.
- **Lixo comercial** é oriundo de estabelecimentos comerciais como lojas, lanchonetes, restaurantes, escritórios, hotéis, bancos etc. Os componentes mais

comuns neste tipo de lixo são papéis, plásticos, restos de alimentos, embalagens de madeira, resíduos de lavagens, sabões etc.

- **Lixo industrial** é todo e qualquer resíduo resultante de atividades industriais, estando neste grupo o lixo proveniente das construções. Em geral, esta classe de resíduos é responsável pela contaminação do solo, ar e recursos hídricos, devido à forma de coleta e disposição final, que na maioria dos centros urbanos fica a cargo do próprio produtor.
- **Lixo hospitalar**, geralmente dividido em dois tipos, segundo a forma de geração: resíduos comuns, compreendendo os restos de alimentos, papéis, invólucros etc.; resíduos especiais, que são os restos oriundos das salas de cirurgias, das áreas de internação e isolamento. Estes últimos também podem ser denominados lixos sépticos, e seu acondicionamento, armazenamento local, coleta e disposição final exigem atenção especial devido aos riscos que podem oferecer.
- **Lixo especial** trata-se de resíduos em regime de produção transiente, como veículos abandonados, podas de jardim e praças, mobiliário, animais mortos, descargas clandestinas etc.
- **Outros**, neste tipo de lixo estão incluídos os resíduos não contidos nos itens anteriores e aqueles provenientes de sistemas de varredura e limpeza de galerias e bocas de lobo.

1.2.3 A Produção e Composição dos Resíduos Sólidos Urbanos

A produção e composição dos Resíduos Sólidos Urbanos variam de região para região, estando sob a condição de desenvolvimento sócio-econômico e das condições de hábitos de vida de cada população.

De acordo com algumas literaturas se observa que no Brasil há uma divergência do valor de produção diária de lixo por habitante. O *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC* através do relatório do Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa sugere uma taxa de 1,47 kg/hab.dia. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, no ano de 1989, revela que foram coletadas cerca de 242 mil t/dia de resíduos sólidos considerando uma população urbana de 108 milhões de habitantes (IBGE,1992), o que dá aproximadamente 2,2 kg/hab.dia de lixo coletados. Porém, pela

Contagem Populacional (IBGE, 1996), aproximadamente 15% da população urbana de todo o Brasil não tem seus resíduos coletados, logo, se considerar esse acréscimo de 15% na coleta, o valor de resíduos gerado por habitante ao dia é 2,6 kg (RELATÓRIO CETESB, 2006).

Quanto à composição, em geral, segundo o Centro de Produções Técnicas – CPT, para uma cidade altamente urbanizada, tem-se aproximadamente 65% do lixo domiciliar composto de matéria orgânica, 25% composto de resíduo reciclável, sobriariam de rejeito 10% que teriam de ir para o aterro sanitário, conforme é mostrado na figura 1.1 (CPT, 1999).



Figura 1.1 – Composição dos Resíduos Sólidos no Brasil (CPT, 1999)

1.2.4 A Destinação Final dos Resíduos Sólidos Urbanos

Há várias maneiras utilizadas para dar o destino final aos Resíduos Sólidos Urbanos. Dentre as mais comuns tem-se: o lixão ou vazadouro, aterro sanitário, aterro controlado, reciclagem, compostagem e a incineração. A seguir são apresentadas algumas definições:

- **Lixão ou Vazadouro:** neste caso, de acordo com o CPT (1999), o lixo é simplesmente lançado numa determinada área, sem qualquer controle. Infelizmente é o processo mais usado na maior parte do País.
- **Aterro Sanitário:** O aterro sanitário é um método de disposição final do lixo sob o solo, sem que se crie no meio ambiente, incômodos ou perigos à segurança e à saúde pública, e confinando o lixo a menor área possível, reduzindo-o ao menor volume por compactação e cobrindo-o em seguida com uma camada de terra diariamente (CPT, 1999).

- **Aterro Controlado:** O lixo recebe uma cobertura diária de material inerte. Esta cobertura diária, entretanto, é realizada de forma aleatória, não resolvendo satisfatoriamente os problemas de poluição gerados pelo lixo, uma vez que os mecanismos de formação de líquidos e gases não são levados a termo (LIMA, 2004).
- **Reciclagem:** Vale lembrar que o conceito de Reciclagem é diferente de Reutilização. O termo Reciclagem é válido somente para materiais que podem voltar ao seu estado original e transformado em um produto igual em todas as suas características, enquanto que, a Reutilização ou Reaproveitamento está ligado à transformação de um determinado material já beneficiado em outro. Um exemplo que evidencia bem a diferença entre Reciclagem e Reutilização é o reaproveitamento do papel, que é resultado da transformação de um material em outro com características completamente diferentes.
- **Compostagem:** é a transformação da matéria orgânica em composto. É utilizado como adubo orgânico altamente nutritivo, o que evita o uso de fertilizantes químicos. Permite dar um destino final útil aos resíduos domésticos tais como: restos de alimentos, cascas, bagaços, podas de jardim, ossos e outros. Quanto maior a variedade de matérias existentes em uma compostagem, maior será a variedade de microorganismos atuantes no solo (PROJETO RECICLANDO O COTIDIANO, 2008).
- **Incineração:** a incineração do lixo é feita em usinas de incineração, nas quais o lixo é reduzido a cinzas e gases decorrentes de sua combustão.

A forma de disposição final dos resíduos sólidos é o que mais preocupa. No Brasil, de forma geral, o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos é deficiente. Apenas parte dos resíduos é coletada, e essa parcela coletada é disposta de forma inadequada. Segundo o IBGE 1992, 76% são depositados em lixões a céu aberto, 22% em aterros controlados e 2% em outras destinações, conforme tabela 1.1, essa disposição inadequada contribui de forma negativa para a população (RELATÓRIO DO CETESB, 2006).

Tabela 1.1 – Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil (RELATÓRIO DO CETESB, 2006).

DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	PERCENTUAL (%)
Lixão	76
Aterros Controlados	22
Outros Tipos de Disposição	2

A disposição final dos resíduos sólidos em aterros controlados ou sanitários ou nos chamados lixões resultam num custo anual para o país cerca de R\$ 400 milhões ao ano para atender 600 mil pessoas com problemas de saúde devido à falta de saneamento, e a disposição inadequada dos resíduos está inserida no contexto de falta de saneamento (USINA VERDE, 2009).

Os Lixões evidenciam o grande descaso dos Resíduos Sólidos por parte dos administradores públicos municipais. A presença de grande parte de resíduos em áreas a céu aberto contribui de forma significativa para o aparecimento de vetores transmissores de doenças, como ratos, moscas, mosquitos, baratas e outros, ameaçando a saúde pública. E também desencadeia um grave problema social, que é a atração de uma população que ver nos lixões um meio de sobrevivência, onde realiza o trabalho de catação e muitas das vezes constroem suas moradias e constituem famílias.

Os aterros sanitários, assim como os lixões, são economicamente inviáveis porque provocam a degradação das comunidades em seu entorno e depreciam o valor de suas propriedades. São empreendimentos muito caros e geram poucos empregos. São economicamente inviáveis também porque, mesmo depois da sua desativação, precisam ser monitorados, e isto normalmente não é feito de forma adequada. E ainda não é estímulo para a reciclagem induzindo desta forma o desperdício daquilo que poderia retornar para o ciclo de produção (MAIS VIDA MENOS LIXO, 2009).

Esses resíduos sólidos, vistos como um problema pela maioria dos administradores públicos pode ser solução para a geração de energia elétrica no país. Existem duas vantagens de utilização do lixo urbano para a geração de energia elétrica. Uma é a questão da saúde e saneamento. O tratamento do lixo para gerar energia evitaria esse problema. Uma segunda

vantagem é com relação à questão ambiental, porque o lixo, nos aterros sanitários, controlados ou lixões são grandes emissores do gás metano, o pior dos gases do efeito estufa. Uma gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos que contemple o aproveitamento do lixo não reciclável para geração de energia elétrica evita a emissão do gás metano, minimizando os impactos ao efeito estufa.

1.3 Sistemas para Aproveitamento do Lixo para Geração de Energia Elétrica

Existe uma energia contida em todos os materiais que compõem o lixo. É interessante tomar posse dessa energia contida no lixo e transformá-la em outra forma de energia, que no caso trata-se da energia elétrica.

Os Resíduos Sólidos Urbanos são vistos atualmente como uma fonte primária de geração de energia elétrica, e sendo aproveitados para esse fim contribui ainda para minimizar a poluição ambiental, pois o lixo deixa de ser lançado de forma inadequada para ser aproveitado de forma eficiente. Desta forma, o grande volume de lixo gerado diariamente pela população, que tem gerado uma série de problemas ambientais, sociais e econômicos, passa a ser a solução em um segmento de fundamental importância para a manutenção do desenvolvimento sócio-econômico da sociedade, que é a geração de mais energia elétrica para o país.

Há várias ações no sentido de minimizar os impactos causados pelos resíduos sólidos urbanos. Medidas como:

a) A redução das emissões do gás metano (CH₄) gerado em aglomerados de lixo. Esta ação está ligada à condição de proibir os lixões e aterros, proibir o lixo orgânico em aterros sanitários;

b) Promoção da redução, re-uso e reciclagem do lixo;

c) Promoção da coleta seletiva para reciclagem de determinados materiais e promoção do uso de produtos reciclados; e a

d) Promoção dos processos térmicos com aproveitamento energético do lixo com incentivo à implantação de usinas com padrão ambiental e eficiência energética e tributação diferenciada para a energia gerada a partir do lixo (RELATÓRIO COMPLETO DO IPCC MAIO, 2007).

O tratamento do lixo com o objetivo de geração de energia elétrica poderá se dá através da incineração dos resíduos sólidos urbanos.

Sistemas Existentes de Geração de Energia Elétrica a partir da Incineração do Lixo

Na Europa e em outros lugares, a energia elétrica que vem do lixo a partir da incineração é realidade indiscutível. Somente na região da União Européia há 420 usinas em operação, com capacidade de 58,5 milhões de toneladas de resíduos por ano e gerando em torno de 23 milhões MWh/ano. No Japão há 249 usinas operando com capacidade para 40 milhões de toneladas de lixo e com isso gera 11 milhões MWh de eletricidade anualmente e nos EUA a realidade não é diferente, há 98 usinas gerando 17 milhões MWh por ano a partir de um volume de 29,4 milhões de toneladas de resíduos. E em países com uma realidade sócio-econômica diferente dos países e região citados, a situação em relação aos cuidados com os resíduos sólidos é semelhante, pois a Coréia do Sul e Taiwan possuem 19 usinas, China possui 7 usinas e Singapura possui 4 usinas em operação. Através da tabela 1.2 é possível visualizar melhor estas informações.

Tabela 1.2- Usinas de geração de energia elétrica a partir da incineração de resíduos urbanos em operação existentes no mundo. (CEWEP, IWSA, WTERT, K. Ogawa, 2003).

PAÍS/ REGIÃO	Nº DE USINAS EM OPERAÇÃO	CAPACIDADE DE TRATAMENTO (Ton. RSU / Ano)	ENERGIA GERADA (MWh/ano)
UNIÃO EUROPÉIA	420	58,5 milhões	23,4 milhões (eletricidade) 58 milhões (calor)
JAPÃO	249	40 milhões	11 milhões (eletricidade)
EUA	98	29,4 milhões	17 milhões (eletricidade)
FATO RELEVANTE.: Há 70 Usinas de geração de energia à partir do lixo operando em outros Países (ex.: 19 na Coréia do Sul, 19 em Taiwan, 7 na China e 4 em Singapura)			

As figuras 1.2, 1.3, e 1.4 exibem algumas fotos de algumas usinas existentes no mundo com suas respectivas capacidades de tratamento dos resíduos, estas imagens revelam o poder do lixo mundialmente.



Figura 1.2- Usina de Geração de Energia Elétrica através da incineração de resíduos instalada na Itália.



Figura 1.3- Usina de Geração de Energia Elétrica através da incineração de resíduos instalada na França.



(a)



(b)

Figura 1.4- (a) e (b) - Usinas de Geração de Energia Elétrica, através da incineração de resíduos, instaladas em Tóquio.

No Brasil ainda não há nenhuma usina de incineração do lixo para gerar energia elétrica para suprimento à população. Porém, a questão relacionada aos resíduos sólidos urbanos não deixa de se agravar. Em 10 anos a geração de lixo cresceu 49%, enquanto que a

população cresceu apenas 15%, e a maior parte desse lixo continua a ser lançada diariamente em locais a céu aberto, encostas e rios (USINA VERDE, 2009).

No entanto, a empresa brasileira Usina Verde, criada em 2001, firmou um acordo de cooperação técnica, em janeiro de 2002, com a Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos – COPPETEC, para execução de serviços especializados, em nível de laboratório e de apoio técnico na implantação de um Centro Tecnológico dotado de Usina Protótipo de otimização de processos de construção e operação com capacidade para tratar 30 ton/dia, com geração de energia elétrica a partir da incineração do lixo. Essa parceria resultou no Centro Tecnológico Usina Verde que está localizado numa área de 5000 m², em área da Fundação BIORIO, no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro/RJ. A figura 1.5 mostra a imagem do prédio do Centro Tecnológico Usina Verde.



Figura 1.5- Imagem do prédio do Centro Tecnológico Usina Verde – Rio de Janeiro



Figura 1.6- Imagem Usina Verde – área do processo de lavagem dos gases

A Usina Modelo implantada no Centro Tecnológico foi concebida de acordo com as normas técnicas e ambientais estabelecidas na Resolução CONAMA 316/2002 que “*Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos*”, e da Nota Técnica 574 – “*Padrões de Emissões de Poluentes do Ar para Processo de Destruição Térmica de Resíduos Sólidos*”, da FEEMA/RJ. Após concluir com excelentes resultados o Teste de Queima previsto nas normas, o Centro Tecnológico obteve da FEEMA, em maio de 2005, a Licença Ambiental de Operação (LO). Desde o mês de setembro de 2005 a Usina Protótipo vem operando em regime contínuo, tratando 30 toneladas/dia de lixo urbano e gerando 440 kWh diariamente que tem sido consumida na própria unidade. O projeto foi aprovado em 14 de outubro de 2005 pela Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima como ‘Mecanismo de Desenvolvimento Limpo’, por evitar a emissão do metano e por gerar energia alternativa (USINA VERDE, 2009)

O centro tecnológico foi concebido integralmente com equipamentos desenvolvidos e fabricados no Brasil e está equipado com a instrumentação e sistemas de análise necessários para a realização de vários testes e pesquisas: composição dos resíduos sólidos a tratar, temperatura do forno, vazão de ar de combustão, vazão e pH da solução de lavagem de gases e testes de resistência dos materiais (USINA VERDE, 2009).

Em função do desenvolvimento tecnológico, em parceria com a Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ, o que resultou na fabricação de equipamentos com tecnologia nacional específica para a geração de energia elétrica através da incineração de resíduos sólidos, este trabalho propõe este modelo de usina para a geração de energia elétrica através de resíduos sólidos.

1.4- Objetivo do Trabalho

Esta pesquisa tem como objetivo propor a implantação de uma usina de geração de energia elétrica a partir dos resíduos sólidos urbanos para atender o suprimento de energia de parte da região Nordeste do Estado do Pará, região esta composta pelos municípios Santa Izabel, Santo Antonio do Tauá, Colares, Vigia e São Caetano de Odivelas. A proposta de operação da usina é ser de modo ilhado, ou seja, sem o paralelismo com a rede de distribuição. As simulações utilizando o sistema real são apresentadas neste trabalho.

1.5- Metodologia

Para se alcançar os objetivos propostos neste trabalho descreveram-se as condições favoráveis para a geração de energia elétrica a partir dos resíduos sólidos urbanos produzidos, tais como quantidade de resíduos produzida, sua composição e quantidade coletada. Para tanto, os dados necessários para esta pesquisa foram coletados em campo, em alguns municípios da região Nordeste do Estado do Pará, região modelo desta pesquisa. O resultado da pesquisa foi utilizado para a proposição de uma usina de geração de energia elétrica a partir da incineração dos resíduos sólidos na região. Os testes para análise do sistema elétrico que atende a região desta pesquisa foram feitos através do uso de um programa de Fluxo de Carga chamado EXPANSÃO, este programa foi desenvolvido pela Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – COELBA com implementações realizadas na dissertação de mestrado de LUZ (LUZ, 1992).

Mediante as análises do sistema atual e estudos de previsão de carga para o ano de 2015, foi comprovada a necessidade da implantação da usina de geração de energia elétrica via incineração dos resíduos sólidos urbanos.

1.6- Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em 05 capítulos seguido de uma conclusão e a bibliografia.

O capítulo 1 apresenta uma introdução geral sobre o tema abordado, onde são comentados os problemas causados pelos Resíduos Sólidos Urbanos, os sistemas para aproveitamento do Lixo para geração de energia elétrica existentes no mundo. Também são apresentados os objetivos do trabalho, a metodologia utilizada e sua estrutura.

No capítulo 2 é apresentado o cenário dos resíduos sólidos urbanos na Amazônia, assim como a descrição dos municípios envolvidos nesta pesquisa visando demonstrar suas condições favoráveis à instalação de usina geradora de energia elétrica através da incineração de resíduos sólidos urbanos.

A proposta de implantação de geração distribuída de energia elétrica a partir da incineração dos resíduos sólidos urbanos é apresentada no capítulo 3.

O estudo e descrição do sistema de distribuição são evidenciados no capítulo 4, assim como, a ferramenta computacional utilizada nas simulações do sistema real da concessionária, para análise da validação da proposta.

As simulações e resultados com a solução proposta nesta pesquisa fazem parte do capítulo 5. A estrutura deste trabalho é encerrada com a apresentação da conclusão da pesquisa e apresentação das bibliografias consultadas durante a pesquisa.

CAPÍTULO 2

O CENÁRIO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM PARTE DA REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DO PARÁ

2.1 Introdução

Este capítulo apresenta a descrição do cenário dos Resíduos Sólidos Urbanos de uma área da região nordeste do Estado do Pará. A escolha desta região se agrega ao fato da proximidade territorial entre os municípios envolvidos, isto facilita a logística necessária para a implantação do projeto. A escolha foi feita intencionalmente com o objetivo de avaliar o quantitativo de resíduos sólidos visando seu aproveitamento para fins energéticos.

A maioria das informações foi obtida mediante pesquisa realizada em campo. Tais informações serviram para subsidiar a proposição da constituição de uma Usina Geradora de Energia Elétrica através da incineração do lixo proposta no capítulo 3 deste trabalho.

2.2 O Cenário dos Resíduos Sólidos de uma área da Região Nordeste do Estado do Pará

A região adotada para ser utilizada como modelo do projeto de implantação da geração de energia elétrica através da incineração de resíduos sólidos é a região que envolve 5 (cinco) municípios da região Nordeste do Estado do Pará.

Os municípios que fazem parte da pesquisa realizada, localizados na região nordeste do Estado são: São Caetano de Odivelas, Colares, Vigia de Nazaré, Santo Antonio do Tauá e Santa Izabel do Pará, os quais serão adotados no estudo de caso. A figura 2.1 apresenta uma visualização da localização desses municípios.



Fonte: ONS, 2009.

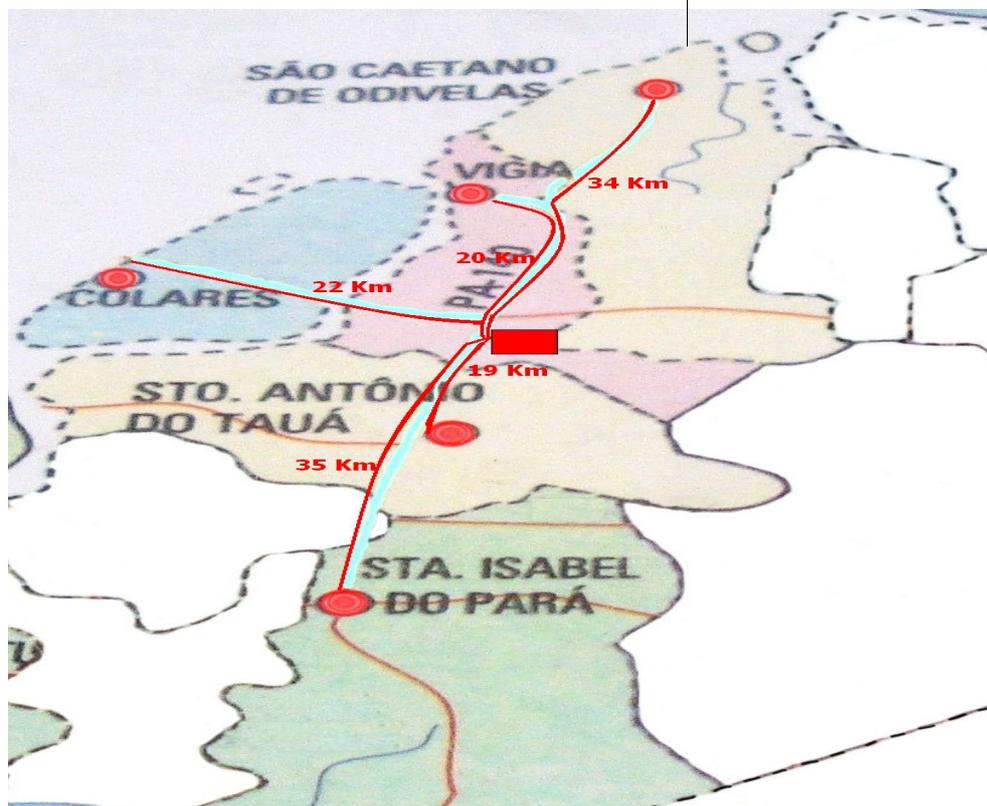


Figura 2.1 - Visualização da localização dos municípios São Caetano de Odivelas, Vigia Colares, Santo Antonio do Tauá e Santa Izabel do Pará. Fonte: ILDONE, modificado.

Identificação dos Municípios

Apresentam-se, neste tópico, as particularidades de cada um dos municípios da região modelo para o estudo de implantação do projeto de geração de energia elétrica através da incineração de resíduos sólidos.

Os fundamentos históricos, as características populacionais, a economia vigente, as características dos serviços de transporte, abastecimento de água e suprimento de energia elétrica são algumas das particularidades comentadas neste item.

Município de Colares

Colares é um município do estado do Pará, situado na microrregião do Salgado, mesorregião do Nordeste Paraense. Colares ficou nacionalmente conhecido pelas supostas visitas de ET-Extras Terrestres (COLARES, 2009). É uma ilha, situada às margens da baía do Marajó, com acesso ao continente por via terrestre e marítima. Dentro da ilha existem vários rios e igarapés proporcionando uma beleza natural aos visitantes. As manifestações populares mais marcantes em Colares são: carnaval, festas juninas, tiração de reis, cordões de pássaros, boi-bumbá e Círio de N.^a S.^a do Rosário. A figura 2.2 ilustra alguns pontos do município de Colares.



(a)



(b)



(c)



(d)

A figura 2.2 – Paisagens de Colares (a) – farol na frente do município (b)- sede municipal

(c)- rio Guajará Miri (d)- Igarapé. Fonte: Luz. A

Município de Vigia

O Município de Vigia de Nazaré está localizado também na região nordeste do estado do Pará. Alguns autores acreditam que Vigia seja a mais antiga de todas as cidades da Amazônia, tendo sido fundada por Francisco Caldeira Castelo Branco durante sua expedição de conquista do Grão-Pará, em 06 de janeiro de 1616, seis dias antes da fundação de Belém (ILDONE, 2004). É em Vigia, que se encontram várias atrações culturais como: o círio mais antigo do Pará, que é a Festa de Nossa Senhora de Nazaré, o carimbó (onde a tradição dos grupos folclóricos e compositores do ritmo é preservada), vilas de pescadores, monumentos e prédios antigos, além do mais irreverente carnaval de rua do Estado do Pará. A figura 2.3 ilustra detalhes do município de Vigia.



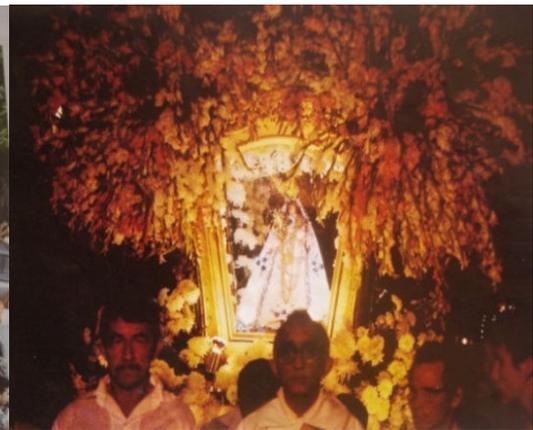
(a) Fonte: Luz. A



(b) Fonte: Luz. A



(c) Fonte: Revista Ver-o-Pará



(d) Fonte: Revista Ver-o-Pará

A figura 2.3 – Detalhes de Vigia (a) – vista do porto (b)- igreja de pedra do século XVIII

(c)- carnaval (d)- círio de vigia.

São Caetano de Odivelas

Segundo a Secretaria Municipal de Esporte, Lazer e Turismo de São Caetano de Odivelas (2008) os fundamentos históricos dessa cidade foram lançados na era colonial, pelos jesuítas quando desbravaram a região. No local onde se encontra a atual sede municipal, fundaram uma fazenda denominada São Caetano, a qual mais tarde, ficara sob a administração de prepostos do Governo.

A emancipação político-administrativa do município de São Caetano de Odivelas deu-se definitivamente, em 1935. A figura 2.4 ilustra respectivamente, o porto do município e as manifestações populares do carimbó.



(a)- vista do porto

(b)- manifestações populares do carimbó

A figura 2.4 – Ilustrações de São Caetano de Odivelas. Fonte: Prefeitura de S.C. de Odivelas

Santa Izabel do Pará

O município Santa Izabel do Pará está localizado na zona denominada bragantina e limita-se ao sul com o município de Bujarú, ao leste com o município de Castanhal, a oeste com o município de Benevides e ao norte com o município de Santo Antonio do Tauá. Sua hidrografia é composta por rios e seus afluentes. (TINOCO, 2007)

A cidade é constituída por bairros e 35 distritos, sendo que grande parte destes se situam na Zona Rural da cidade. A figura 2.5 mostra pontos do município de Santa Izabel do Pará.



(a) Fonte: Santa Izabel, 2009

(b) Foto: Luz. A

A figura 2.5 Município de Santa Izabel do Pará (a) – entrada da sede municipal (b)- igarapé Caraparu.

Santo Antônio do Tauá

De acordo com os dados da Secretaria Municipal de Cultura de Santo Antonio do Tauá (2008) o Município de Santo Antonio do Tauá também é conhecido como a Cidade dos Igarapés, por seu elevado número de Igarapés de águas claras e escuras. A origem do nome do município está fundamentada na escolha do padroeiro da cidade no século XX pelos nordestinos, e ainda Santo Antonio de Lisboa do Tauá devido à denominação do rio que banha grande parte da cidade. Tauá é de origem indígena e significa “Barro amarelo” em homenagem à grande quantidade de argila amarela encontrada às margens do rio que corta a cidade. A figura 2.6 mostra a sede municipal e um dos rios do município de Santo Antônio do Tauá.



(a)

(b)

A figura 2.6 - Município Santo Antônio do Tauá (a) – sede municipal (b)- rio em Tauá.

Fonte: Secretaria Municipal de Cultura de Santo Antonio do Tauá (2008)

2.3 Características Populacionais

De acordo com o IBGE/2008, a população da região modelo, composta pelos municípios de São Caetano de Odivelas, Colares, Vigia de Nazaré, Santo Antonio do Tauá e Santa Izabel do Pará, é de 154.490 habitantes, distribuídos numa área de 3.147,59 km², configurando uma densidade demográfica de 49,08 hab./km².

Os municípios da região são, de modo geral, compostos por uma população distribuída entre as sedes municipais e diversas localidades do meio rural. Essa distribuição corresponde a uma ocupação média de 5 (cinco) habitantes por domicílio nas sedes municipais e de aproximadamente 6 (seis) habitantes por propriedade rural.

A tabela 2.1 apresenta a área, a população e as respectivas densidades demográficas dos municípios da região modelo.

A tabela 2.1- Área, população e densidades demográficas dos municípios da região modelo.

Fonte IBGE, 2008

Item	Municípios	Área (Km²)	População	Densidade Demográfica (Hab./Km²)
01	Colares	609,78	11.367	18,64
02	Santa Izabel do Pará	717,62	54.464	75,89
03	Santo Antonio do Tauá	537,63	26.222	48,77
04	São Caetano de Odivelas	748,7	16.757	23,38
05	Vigia de Nazaré	533,86	45.680	85,56
Total		3.147,59	154.490	49,08

2.4 Características Econômicas

A economia dos municípios está vinculada ao serviço público municipal, base de emprego da população dos municípios, é o que mais representa a população economicamente ativa. Outros setores da economia, por municípios são:

- **Colares**

A economia de Colares se baseia predominantemente no setor pesqueiro, agrícola e extrativismo. As atividades são basicamente extrativistas. Não existem indústrias no município.

- **Santo Antonio do Tauá**

Santo Antonio do Tauá possui uma economia essencialmente agrícola, onde se destaca o cultivo da mandioca, o dendê, a pimenta do reino, arroz, milho, frutas e hortaliças. Há também a prática da avicultura e pecuária. A atividade pesqueira também está presente, sendo observadas as colônias de pescadores na Vila do Espírito Santo, São Raimundo do Borralhos e Tracuateua da Ponta. Na escala industrial há duas empresas de destaque no município: A CONDEPA e a DENTAUÀ, que são empresas de beneficiamento do dendê, propiciando a geração de emprego e renda para os munícipes. (SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA DE SANTO ANTONIO DO TAUÁ, 2008).

- **São Caetano de Odivelas**

Não existem indústrias em São Caetano de Odivelas. Grande parte da população está diretamente envolvida na atividade de extração do caranguejo, nos mangues. Esta atividade faz com que diariamente seja extraído dos mangues do município, aproximadamente cerca de 20 a 25 mil caranguejos, que são conduzidos para os grandes centros comerciais da capital do Estado. A atividade pesqueira também compõe a economia do município (SECRETARIA MUNICIPAL DE ESPORTE, LAZER E TURISMO DE SÃO CAETANO DE ODIVELAS, 2008).

- **Vigia de Nazaré**

Em Vigia a economia predominante é a indústria de pescado. A troca dos antigos equipamentos de pesca por outros mais avançados tecnologicamente, determinou um considerável aumento da produção de pescado e a exportação do produto, em maior escala, inclusive para o Exterior. (ILDONE, 2004)

- **Santa Izabel do Pará**

Em Santa Izabel as indústrias de ovicultura e agricultura de subsistência predominam.

2.5 Serviços de Transporte

Os serviços de transporte existentes nos municípios pesquisados são o rodoviário e o fluvial. O meio de transporte rodoviário mais utilizado é o ônibus interurbano com a qual, em horários regulares, faz os trajetos de ida e volta até a capital Belém. Existem ainda os transportes alternativos através de Vans e moto táxis não regularizados. O transporte fluvial,

em pequenas embarcações é mais utilizado pelos moradores ribeirinhos dentro dos seus municípios.

2.6 Abastecimento de Água

Em todos os municípios o sistema de abastecimento de água é realizado pelo poder público municipal. Onde os municípios não prestam o serviço de abastecimento de água, os moradores utilizam-se da água de poços artesianos por eles providenciados.

2.7 Atendimento de Energia Elétrica

O atendimento de energia elétrica na região é realizado através do sistema interligado, através de 2 (duas) subestações da concessionária local CELPA. Uma subestação localiza-se no ponto médio entre os municípios Vigia e Colares, e a outra entre os Municípios de Vigia e São Caetano de Odivelas.

2.8 Cenário da Gestão dos Resíduos Sólidos dos Municípios Pesquisados

Na questão referente às informações sobre a gestão dos resíduos sólidos realizada pelos municípios, algumas dificuldades foram encontradas para a obtenção de dados que pudessem fornecer as informações pretendidas. Assim, com vistas à obtenção de possíveis informações reais sobre a gestão dos resíduos sólidos nos municípios da região modelo em estudo, realizou-se entrevista “*in loco*” com todos os envolvidos neste serviço. Os entrevistados foram:

- **Prefeitos** dos municípios envolvidos;
- **Secretários**, onde a atividade da gestão dos resíduos sólidos é de sua competência. Em alguns casos, como no município de Santa Izabel, o secretário responsável é o de meio ambiente, enquanto que nos demais são os secretários de obras públicas;
- **Diretores** de Resíduos Sólidos;
- **Técnicos** encarregados;
- **Motoristas** dos veículos de coleta;
- **Coletores** dos resíduos;
- **Catadores**, durante suas atividades dentro dos lixões;
- **População** das sedes e das localidades dos municípios: moradores escolhidos aleatoriamente na região.

Para a realização da pesquisa elaborou-se uma planilha contendo os principais questionamentos julgados necessários para uma avaliação mais ampla da gestão dos resíduos sólidos para subsidiar a pesquisa proposta.

Durante a entrevista, os mesmos questionamentos foram feitos com pessoas diferentes que tinham a informação a ser fornecida, como os prefeitos, secretários, técnicos encarregados da limpeza, motoristas e coletores. A tabela 2.2 apresenta a planilha utilizada na pesquisa. Os resultados das entrevistas são apresentados nos subitens de 2.2.7.1 ao 2.2.7.5.

Tabela 2.2- Planilha utilizada na pesquisa sobre a gestão dos resíduos sólidos dos Municípios envolvidos na pesquisa.

Item	Questionamento	MUNICÍPIOS				
		Colares	Vigia de Nazaré	Santo Antônio do Tauá	Santa Izabel do Pará	São Caetano de Odivelas
01	Transporte utilizado na coleta dos resíduos					
02	Quantidade de veículos envolvidos na coleta					
03	Pessoal envolvido na coleta					
04	Executor da coleta					
05	Local da execução da coleta					
06	Locais onde não é realizada a coleta					
07	Período da coleta					
08	Quantidade de resíduo coletado					
09	Destinação final dos resíduos					
10	Existência de catadores no local de destinação final dos resíduos					
11	Tratamento do lixo hospitalar					
12	Responsável pela destinação final do lixo hospitalar					
13	Valor da taxa cobrada pelo serviço.					

2.8.1 O Transporte e Pessoal Envolvido na Coleta

O transporte utilizado pelos municípios para realização da coleta dos resíduos sólidos é a carroçaria aberta (caçamba). O município de Santa Izabel possui uma carroçaria compactadora (caminhão compactador), além de caçambas.

As equipes de coleta normalmente são constituídas por quatro trabalhadores: o motorista da caçamba e três coletores, um que fica em cima da caçamba recebendo os resíduos que são lançados pelos outros dois que apanham os resíduos nas ruas. A tabela 2.3 mostra os resultados do levantamento do tipo de transporte e do pessoal envolvido na coleta dos resíduos sólidos dos municípios pesquisados.

A tabela 2.3- Dados de transporte e pessoal envolvido na coleta dos resíduos sólidos dos Municípios envolvidos na pesquisa.

Item	Questionamento	Infra-estrutura na Coleta dos Resíduos Sólidos/Município				
		Colares	Vigia de Nazaré	Santo Antônio do Tauá	Santa Izabel do Pará	São Caetano de Odivelas
01	Transporte utilizado na coleta dos resíduos	Caçamba	Caçamba e Trator	Caçamba, Caminhão e Trator	Caçamba e Caminhão Compactador	Caçamba
02	Quantidade de veículos envolvidos na coleta	2 caçambas e 1 trator	2 caçambas e 1 trator	2 caçambas e 1 caminhão e 1 trator	2 caçambas e 1 caminhão	2 caçambas
03	Pessoal envolvido na coleta	1 motoristas e 2 coletores	3 motoristas e 14 coletores	3 motoristas e 9 coletores	2 motoristas e 12 coletores	2 motoristas e 6 coletores

2.8.2 Locais de Coleta, Período, Quantidade e Destinação Final dos Resíduos Sólidos

A coleta dos resíduos sólidos é realizada de segunda a sábado, com exceção do município de Santo Antônio do Tauá, o qual executa a coleta também aos domingos. Poucas localidades recebem este serviço e quando recebem a coleta é de 1 (uma) a 3 (três) vezes na semana.

Nas localidades onde não existe a coleta a população utiliza-se de dois sistemas para destinação dos resíduos sólidos, a queima e/ou o aterramento. Verificou-se durante a pesquisa que a maioria dos resíduos sólidos que são queimados é o plástico (sacos plásticos, embalagens, etc.) para que os animais não consumam o mesmo. Em depoimento de

moradores residentes nas margens de rios (população ribeirinha), com comprovação no local, constatou-se que em função da inexistência da coleta alguns moradores lançam nos rios parte de seus resíduos, principalmente restos de alimentos. A Figura 2.7 mostra a queima e o lançamento de lixo em rio.

Existem 200 localidades (comunidades) em que o serviço de coleta não é realizado. Em todas existe a demanda pela solicitação junto aos municípios para que os mesmos executem a coleta dos resíduos sólidos. O total de resíduos coletados é cerca de 102 (cento e duas) toneladas/dia, o que corresponde a uma média de 0,66 kg/hab, uma média bastante inferior à média do Brasil por ineficiência da coleta. Este valor somente das sedes municipais e de algumas poucas localidades. E, todo o resíduo recolhido é disposto em céu aberto nos chamados lixões, em alguns casos, próximos aos rios. A tabela 2.4 demonstra os resultados da coleta, período, quantidade e destinação final dos resíduos sólidos dos municípios pesquisados.

Nas figuras 2.8, 2.9, 2.10, 2.11 e 2.12 são ilustrados os lixões, respectivamente, dos municípios Colares, Vigia, Santo Antônio do Tauá, Santa Izabel, e São Caetano de Odivelas.

A tabela 2.4- Locais de coleta, período, quantidade e destinação final dos resíduos sólidos.

Item	Questionamento	Coleta, Quantidade e Destinação Final dos Resíduos				
		Sódios/Município				
		Colares	Vigia de Nazaré	Santo Antônio do Tauá	Santa Izabel do Pará	São Caetano de Odivelas
01	Local da execução da coleta	Sede	Sede + 9 localidades 1 x semana	Sede + 5 localidades 1 x semana	Sede + 6 localidades 2 x semana	Sede + 3 localidades 3 x emana
02	Comunidades sem o Serviço de Coleta	23	30	45	59	43
03	Período da coleta	2 ^a a sábado	2 ^a a sábado	domingo a domingo	2 ^a a sábado	2 ^a a sábado
04	Quantidade de resíduos coletados (toneladas/dia)	6	24	18	39	15
05	Destinação final dos resíduos	Lixão	Lixão	Lixão	Lixão	Lixão



Figura 2.7 – Queima e lançamento de lixo em rio.



Figura 2.8- Lixão do município Colares



Figura 2.9- Lixão do município de Vigia



Figura 2.10- Lixão do município Santo Antônio do Tauá.



Figura 2.11- Lixão do município de Santa Isabel.



Figura 2.12- Lixão do município São Caetano de Odivelas.

2.8.3 A Presença de Catadores nos Lixões

Durante a pesquisa de campo verificou-se a presença de catadores em todos os lixões dos municípios pesquisados. Os mesmos atuam de forma individualizada, isto é, não possuem o sistema de cooperativismo. A figura 2.13 mostra a presença de catadores nos lixões de Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas e Santa Izabel. Em colares existe uma família que faz a catação dos resíduos no lixão, mas no período do inverno (de janeiro a junho) em função das chuvas constantes a mesma não trabalha nesse período.

Em entrevista junto aos catadores observou-se que as características dos resíduos sólidos dos municípios da região estudada são semelhantes aos dos resíduos da região metropolitana de Belém: compostos por embalagens descartáveis, resíduos orgânicos, garrafas PET, vidros, papelão, etc. Porém, existem alguns resíduos específicos na região, mais notadamente casca de frutas regionais, como o cupuaçu, bacuri e caroço de açaí, dentre outros. O número de catadores presentes nos lixões é de 56 (cinquenta e seis), como mostra a tabela 2.5.

Tabela 2.5- Número de catadores existentes nos lixões nos municípios pesquisados

Item	Municípios	Número de Catadores Presentes nos Lixões
01	Colares	06
02	Santa Izabel do Pará	30
03	Santo Antônio do Tauá	02
04	São Caetano de Odivelas	05
05	Vigia	13
Total		56



(a)- catadores no lixão de Sto Antonio do Tauá (b)- catadores no lixão de S. C. de Odivelas



(c)- catadores no lixão de Santa Izabel.

A figura 2.13- Presença de catadores nos lixões (a) – catadores no lixão de Santo Antonio Tauá; (b)- catadores no lixão de S. C. de Odivelas e (c)- catadores no lixão de Santa Izabel.

Foto: Luz. A

2.8.4 Cenário do Tratamento do Lixo Hospitalar

O gerenciamento do lixo hospitalar não compete ao poder público, e sim à fonte geradora, a menos que a fonte geradora (hospital, clínica, posto de saúde, etc.) faça a desinfecção e esterilização desses resíduos, dentro da própria unidade de saúde, tornando-os descontaminados. Após a descontaminação feita pela fonte geradora, o poder público poderá fazer a coleta.

Em todos os municípios pesquisados o lixo hospitalar não recebe o tratamento na unidade de saúde geradora do mesmo, todo o lixo é disposto de maneira inadequada. O cenário da destinação final dos resíduos hospitalares é:

- Em Colares, o lixo hospitalar é enterrado em um buraco na terra nos fundos da unidade hospitalar do município e são queimados apenas no verão na ausência das chuvas. A figura 2.14 ilustra a destinação do lixo hospital de Colares;
- Nos municípios de Vigia, Santo Antonio do Tauá e Santa Izabel o lixo hospitalar é lançado diretamente nos lixões, sem o devido tratamento de desinfecção e esterilização. O lixo hospitalar do município de São Caetano de Odivelas é coletado por empresa terceirizada, contratada pelo Estado, pois o hospital deste Município pertence ao Estado. A figura 2.15 ilustra a destinação final do lixo hospitalar de Vigia, Santo Antonio do Tauá e Santa Izabel.

O sistema de transporte para o deslocamento do lixo hospitalar até os lixões é a caçamba da coleta regular, no caso do município de Santo Antonio do Tauá, enquanto que, no município de Vigia é um minitrator, que também faz o transporte de entulhos e em Santa Izabel o transporte é um carro da secretaria de saúde (uma camioneta S10). A figura 2.16 ilustra o transporte do lixo hospitalar de Vigia e Santo Antonio de Tauá. A tabela 2.6 mostra os dados sobre o cenário do lixo hospitalar nos municípios pesquisados.

A tabela 2.6- Cenário do tratamento do lixo hospitalar.

Item	Questionamento	Cenário do Lixo Hospitalar/Município				
		Colares	Vigia de Nazaré	Santo Antônio do Tauá	Santa Izabel do Pará	São Caetano de Odivelas
01	O Tratamento (desinfecção e esterilização) é realizado	Não	Não	Não	Não	Não
02	A Unidade Hospitalar faz a Incineração do lixo	Sim	Não	Não	Não	Não
03	Destinação final verificada	Lixão	Lixão	Lixão	Lixão	Lixão
04	Utiliza veículo para o transporte do lixo até o lixão	Não	Mini trator	Caçamba da coleta normal	Carro da saúde	Não
05	Responsável pela destinação final	Unidade	Município	Município	Município	Estado



A figura 2.14- Destinação do lixo hospital de Colares. Foto: Luz. A



(a)- lixo hospitalar no lixão do município de Vigia. (b)- lixo hospitalar no lixão do município de Santo Antônio do Tauá. Foto: Luz. A



(c)- Lixo hospitalar do município Santa Isabel do Pará (Lixão). Foto: Luz. A

Figura 2.15 – Destinação final do lixo hospitalar (a)- lixão do município de Vigia, (b)- lixão do município de Santo Antônio do Tauá e (c)- lixão do município de Santa Isabel



(a)- meio de transporte do lixo hospitalar de Vigia.



(b)-meio de transporte de Santo Antonio de Tauá.

A figura 2.16- Transporte do lixo hospitalar, (a)- transporte de Vigia e (b)-transporte de Santo Antonio de Tauá. Foto: Luz. A

2.9 Estimativa da Quantidade de Resíduos Sólidos a Serem Coletados nos Municípios

Estima-se que a produção média diária de resíduos sólidos a serem coletados em todos os 5 (cinco) municípios pesquisados, a partir da coleta a ser realizada em todas as comunidades que atualmente não recebem esse tipo de serviço, isto é, para o total da população de 154.490 habitantes, seja de aproximadamente 200 toneladas/dia. Esta estimativa foi feita admitindo apenas 50% (cinquenta por cento) do valor de 2,6 kg/hab.dia (de geração de resíduos sólidos por habitante) da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico- IBGE/1996. (CETESB, 2006)

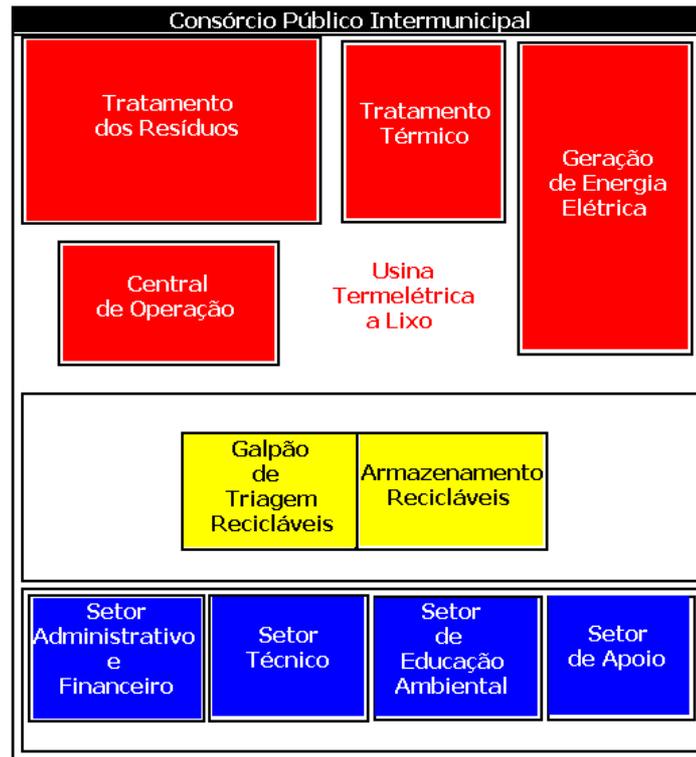
Conforme visto no item 2.2.7.2, existem 200 comunidades do meio rural onde a coleta não é realizada. Em colares onde a coleta só é realizada na sede do município, a população urbana equivale a 30,46% e a rural 69,54% (GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ, 2008), isto indica que é grande o quantitativo da população rural que não é beneficiada com a coleta dos resíduos sólidos urbanos.

Os dados obtidos através da pesquisa realizada nos municípios em questão revelam que, apenas em parte dos municípios a coleta é realizada. Considerando, neste trabalho, que a coleta realizada atinge cerca de 50% da população (77.245 mil pessoas), o quantitativo de 102 toneladas/dia, obtido na pesquisa, conforme item 2.2.7.2, para essa população fornece o resultado de geração de resíduos sólidos de 1,32 kg por pessoa/dia. Portanto, é razoável a estimativa de 200 toneladas/dia, para a população de 154.490 habitantes, a partir da coleta de todos os resíduos produzidos nos municípios da região modelo estudada.

2.10 Empreendimento Proposto a Partir do Cenário dos Resíduos Sólidos Produzidos pelos Municípios

O empreendimento proposto, com base no cenário dos cinco municípios da região nordeste do estado do Pará, é formatado com a composição de Usina Geradora de energia elétrica através da incineração de resíduos sólidos e de um galpão para triagem de resíduos recicláveis. No entanto, para que a proposta tenha sucesso é imprescindível a elaboração de uma logística que envolva a coleta seletiva dos resíduos sólidos, o transporte, o acondicionamento por parte do produtor dos resíduos sólidos (como a população, por exemplo) e a prática contínua da educação ambiental junto a todos os envolvidos, como: município, escolas, indústrias, comércios e a participação de agentes ambientais atuando junto à população. A figura 2.17 ilustra as partes componentes do empreendimento proposto.

É importante ressaltar que o empreendimento, envolvendo administrações municipais diferentes, é possível de viabilização legal utilizando-se da política de Consórcios Públicos como prevê as Leis Federal nº 11.107 de 6 de abril de 2005 (BRASIL, 2009), e Estadual nº 7.088, de 16 de janeiro de 2008 (PARÁ, 2009). Nestas Leis consta a base legal para a constituição de Consórcios Públicos visando o objetivo proposto de Geração de Energia Elétrica através da incineração do lixo urbano dos municípios envolvidos.



A figura 2.17- Partes componentes do empreendimento proposto.

2.10.1 A Localização do Empreendimento Proposto

A determinação da localização do empreendimento se justifica através da consideração de alguns aspectos tais como:

- Acesso fácil para destinação dos resíduos sólidos;
- Acesso fácil a todos os moradores dos 5 (cinco) municípios envolvidos;
- Preservação ambiental, sem a necessidade de desmatamentos, para a construção do projeto;
- Maior coerência de deslocamento para todos os municípios envolvidos;
- Facilidade de manobras operativas envolvendo a conexão desta geração distribuída com o sistema distribuidor da concessionária;
- Facilidade de transportes;
- Disponibilidade de terreno;
- Centro de carga e comunicação.

Levando em conta as considerações listadas, a localização definida para a implantação do projeto proposto é mostrada na figura 2.18, onde se observa que a instalação da usina proposta se dará num ponto médio entre os municípios envolvidos e, próxima as instalações da subestação da Concessionária local que atende os municípios envolvidos nesta pesquisa, facilitando desta forma, tanto o acesso dos moradores como também manobras operativas por parte da geração distribuída com o sistema da Concessionária.



Subestação Vigia
34,5 kV/13,8 kV da Celpa.



Subestação Celpa
34,5 kV/13,8 kV.

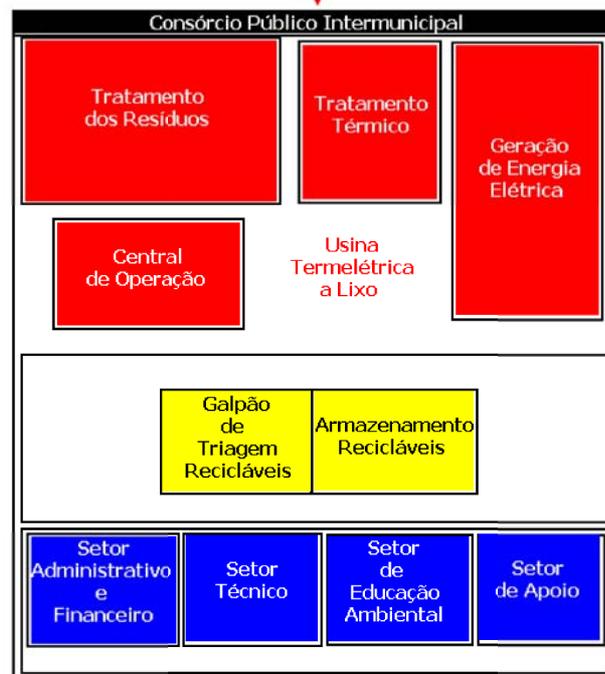


Figura 2.18- Localização do projeto proposto.

2.10.2 A Coleta a ser Implantada

O sistema de coleta proposto, a ser implementado, é baseado em 2 (dois) segmentos, isto é, dois agentes a realizarem a coleta, que são:

- **O Município** com a atribuição da coleta dos resíduos sólidos urbanos; e
- **A Cooperativa dos catadores** responsável pela coleta dos resíduos sólidos recicláveis.

A coleta dos resíduos sólidos não recicláveis a ser realizada pelos municípios deve ser diária e contemplar todas as localidades da cada município.

A coleta dos resíduos recicláveis, de competência da cooperativa, poderá ser realizada de 1 (uma) a 2 (duas) vezes na semana, de acordo com o planejamento a ser realizado conjuntamente com a cooperativa.

2.10.3 Os Trajetos Propostos para a Fonte de Energia Primária da Usina Geradora de Energia Elétrica

O sistema de transporte proposto para ser adotado envolve a carroçaria compactadora (caminhão compactador) e a carroçaria aberta (caçamba). O caminhão compactador será utilizado pelos municípios para realizar a coleta dos resíduos sólidos urbanos, e, a caçamba será utilizada pela cooperativa dos catadores para que a mesma possa realizar, em dias específicos, a coleta dos resíduos sólidos recicláveis. Os problemas de dispersão dos resíduos serão sanados por um melhor acondicionamento dos resíduos recicláveis.

Os trajetos propostos para serem realizados pelos municípios na coleta dos resíduos não recicláveis, assim como a coleta dos recicláveis pela cooperativa de catadores são ilustrados na figura 2.19. A tabela 2.7 apresenta as distâncias atualmente percorridas para o deslocamento até os lixões e os trajetos da coleta dos resíduos sólidos a partir da proposta apresentada. As diferenças entre essas distâncias mostram um aumento no percurso a partir do deslocamento dos resíduos até o projeto proposto. No entanto, a partir da reavaliação dos novos trajetos de coleta, a serem definidos para cada município, essas distâncias poderão ser compensadas, uma vez que alguns dos municípios em questão possuem localidades para coleta muito distantes da sede, chegando muitas vezes próximo de outro município. O município de Vigia, por exemplo, faz coleta em uma das suas localidades (Penha Longa) num trajeto de 24 km, passando cerca de 300 (trezentos) metros do projeto proposto.

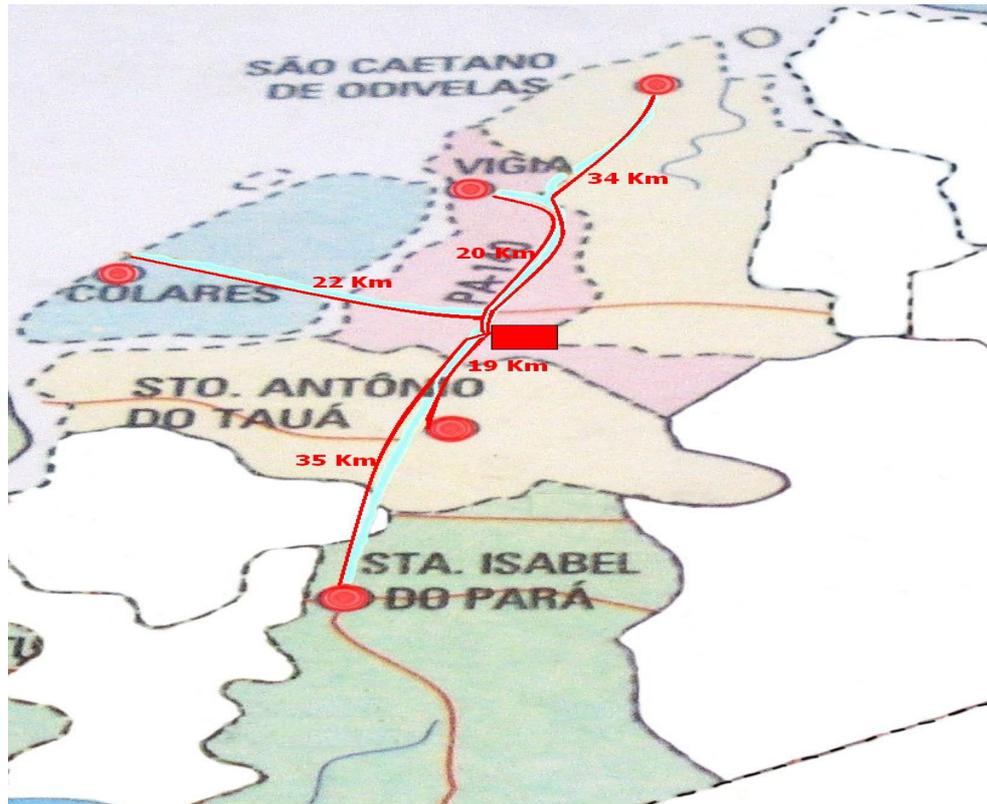


Figura 2.19- Trajetos propostos para serem realizados pelos municípios na coleta dos resíduos não recicláveis, assim como a coleta dos recicláveis pela cooperativa de catadores. Fonte: ILDONE, modificado.

Tabela 2.7- Distâncias atualmente percorridas para o deslocamento até os lixões e os novos trajetos propostos pelo projeto

Trajetos dos Resíduos Sólidos			
Municípios	Distâncias Atuais	Novas distâncias em função do Projeto Proposto	Diferença entre as distâncias
	Das Sedes para os Lixões (Km)	Das Sedes para a Usina de Incineração (Km)	
Colares	3	22	19
Santa Isabel do Pará	13	35	22
Santo Antonio do Tauá	5	19	14
São Caetano de Odivelas	4	34	30
Vigia de Nazaré	6	20	14

2.11 Conclusão

Em função do cenário dos resíduos sólidos apresentado neste capítulo, constata-se que é possível o aproveitamento desses resíduos para fins energéticos, no caso, sua incineração para geração de energia elétrica. Deste modo, apresenta-se no capítulo 3 seguinte a descrição do modelo de usina proposto para a produção de energia elétrica na região modelo apresentada.

CAPÍTULO 3

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DA INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

3.1 Introdução

Este capítulo apresenta uma proposta alternativa de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento dos resíduos sólidos analisados no capítulo 2. A geração de energia envolve um modelo de usina desenvolvida com tecnologia, materiais e equipamentos nacionais. Os próximos itens tratam especificamente dos detalhes da usina em questão.

3.2 A Usina Geradora de Energia Elétrica

3.2.1 Características dos Sistemas de Processamento dos Resíduos Sólidos Urbanos

A usina geradora de energia elétrica a partir da incineração dos resíduos sólidos, proposta neste trabalho apresenta tecnologia em conformidade com as exigências necessárias para uma destinação final adequada para o lixo urbano. O documento “Sumário para Formuladores de Políticas” recomenda a incineração de resíduos sólidos com geração de energia elétrica como solução para a destinação final dos resíduos, uma vez que, através da incineração não há formação do biogás, o qual é responsável por 3% do total de emissões dos gases do efeito estufa (USINA VERDE).

O processo de combustão dos resíduos utiliza sistemas fechados de gases e de lavagem com água alcalinizada em circuito fechado. Os resíduos são tratados a uma temperatura mínima de 850°C, e os gases na câmara de pós-combustão são submetidos a uma temperatura de 1000°C.

Descrição dos Sistemas de Processamento

O processo total que compreende todo o tratamento dos resíduos sólidos destinado para geração de eletricidade, é constituído de várias etapas, dentre as quais podemos destacar a Etapa de Pré-Processamento e a Etapa de Tratamento Térmico e Geração de Energia, descritas sucintamente através dos subitens 1 e 2, a seguir:

1) Etapa de Pré-Processamento

A etapa de pré-processamento prepara os resíduos para alimentar o forno. É nesta etapa que ocorre o recebimento e pesagem dos resíduos que serão depositados em um fosso de concreto. Os resíduos são retirados do fosso para sofrerem a separação dos recicláveis por meio de esteiras transportadoras de correia, a separação é feita através de eletroímã e manualmente, objetos como garrafas, papelões, peças metálicas são retirados e encaminhados às empresas recicladoras, e o restante é conduzido para o triturador através da mesma esteira.

2) Etapa de Tratamento Térmico e Geração de Energia

Após a segregação os resíduos são transferidos para os silos de alimentação de cada módulo com saída inferior interligada ao sistema de alimentação do forno de incineração. O funcionamento deste sistema é controlado automaticamente podendo ser acionado por um operador chefe da sala de controle, o que irá depender da configuração da usina. A temperatura do forno de incineração é monitorada e com esse controle impede-se a entrada excessiva de resíduos no forno.

Há dois estágios durante o processo da queima do lixo: o primeiro estágio refere-se à incineração dos resíduos numa temperatura inicial de 850°C, este estágio ocorre na câmara de incineração; e o segundo estágio, conhecido como pós-queima, atinge uma temperatura de até 1200°C quando ocorre a conversão total dos gases na câmara de pós-queima, ou seja, o monóxido de carbono - CO presente é convertido em gás carbônico - CO₂.

A unidade de geração de energia receberá os gases quentes do forno de incineração, que ao passar por uma caldeira de recuperação de calor ocorrerá a geração de vapor que será usado para movimentar o conjunto turbina/gerador.

Todos os gases provenientes da queima passam por um processo de lavagem, inicialmente os gases passam por um filtro onde ocorre a retirada dos particulados, em seguida ocorre seu resfriamento através do lavador primário, após o resfriamento ocorre no lavador secundário a lavagem com água alcalinizada. As águas utilizadas durante o processo de lavagem dos gases são resfriadas e estocadas em um tanque para retornarem ao processo, caracterizando desta forma, um sistema fechado.

A figura 3.1 ilustra o projeto das etapas do processo de lavagem dos gases.

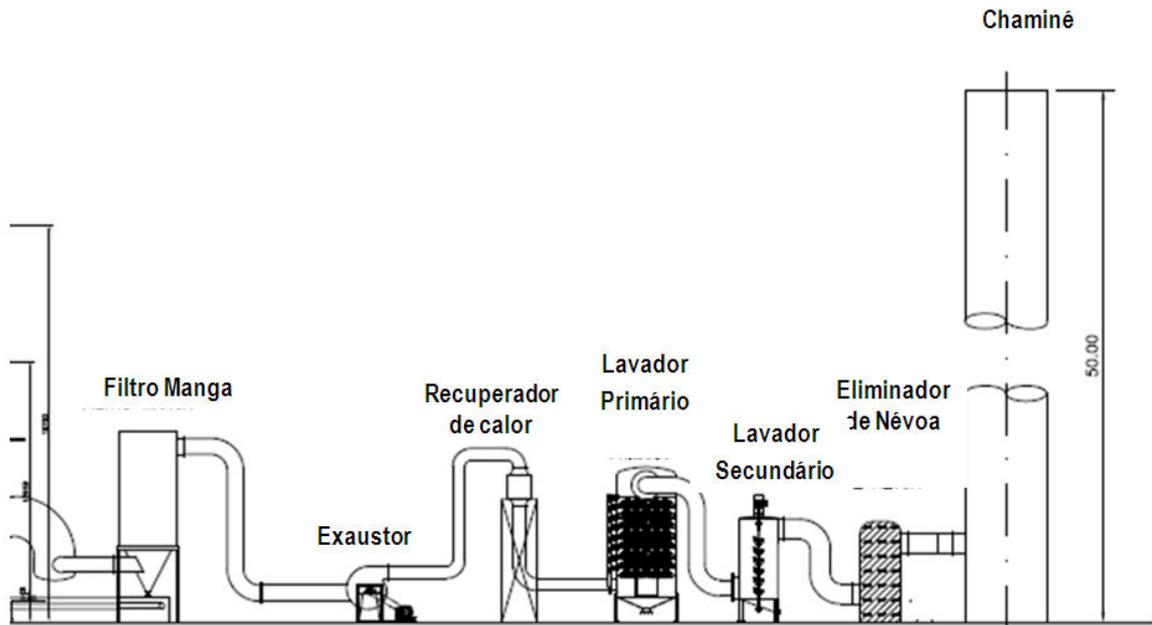


Figura 3.1- Etapas do processo de lavagem dos gases. (USINA VERDE)

Quanto às cinzas, resultantes da incineração no forno, podem ter reaproveitamento na construção de pisos, tijolos, serem misturadas ao concreto ou ainda utilizadas para pavimentação. A quantidade das cinzas varia de acordo com a origem e característica do resíduo, podendo variar de 5 a 10% em peso do resíduo processado. (USINA VERDE)

3.2.2 Características da Usina de Geração de Energia Elétrica Proposta

Algumas características da usina de geração de energia elétrica, proposta para a região em estudo, como disponibilidade de lixo diário, potência gerada, operação da usina, pessoal envolvido na usina geradora de energia elétrica, tempo previsto para implantação da usina, bem como sua viabilidade econômica são descritas a seguir.

a) Disponibilidade de lixo diário.

Considerando o protótipo existente na Ilha do Fundão- RJ (USINA VERDE), a usina de geração de energia elétrica tem como definido módulo comerciais para o tratamento de 150 toneladas de resíduos sólidos/dia, incluindo os recicláveis. Com esta definição por ser comprovado o seu rendimento financeiro. O volume diário de lixo necessário para uma produção de energia elétrica economicamente rentável, considerando os que serão reciclados, é de 150 toneladas/dia.

Como mostrado no capítulo 3 através do item 2.8, a disponibilidade de resíduos sólidos que podem ser coletados mediante a prática de consórcios públicos é de 200 toneladas por dia na região prevista para implantação da usina. Portanto, é suficiente para atender a usina segundo ao protótipo elaborado pela Usina Verde.

b) Potência Gerada

Com módulo com capacidade para tratar 150 toneladas de “lixo bruto” por dia, a geração efetiva é de 3,2 MW de energia elétrica.

Cada módulo é capaz de atender às necessidades de disposição final de lixo de uma comunidade em torno de 180 mil pessoas, e de suprir de energia elétrica cerca de 13.370 residências (consumo médio residencial de 140 kWh/mês). (USINA VERDE). A tabela 3.1. demonstra esses dados.

Tabela 3.1- Extraída de (USINA VERDE, 2009) demonstra os dados de potência gerada e de atendimentos de energia elétrica.

Capacidade Tratamento de RSU (Ton./Dia)	ENERGIA ELÉTRICA GERADA				Residências Atendidas (média EPE/MME: 140 kWh/mês)
	GERAÇÃO EFETIVA	ENERGIA EXPORTÁVEL			
		MWh/dia	MWh/mês	MWh/ano	
150 (1 módulo)	3,2 MW	62,4	1.872	21.216	13.370
300 (2 módulos)	6,4 MW	124,8	3.744	42.432	26.740
600 (4 módulos)	12,8 MW	249,6	7.488	84.864	53.480

c) Operação da Usina.

A usina pode operar as 24h do dia, sem interrupção. Os períodos fora de operação serão os destinados à manutenção, quando necessário.

d) Pessoal Envolvido Diretamente na Usina Geradora de Energia Elétrica.

A operação de cada módulo ficará a cargo de 47 profissionais distribuídos por turnos, dado que a Usina opera em regime de 24 horas por dia/7 dias por semana [USINA VERDE].

Além da equipe própria, para o volume de lixo a ser coletado no modelo proposto, poderão ser empregadas cerca de 50 pessoas organizadas em regime de “Cooperativa de

Catadores”, para atuarem na segregação de recicláveis e serem remuneradas pelo resultado da venda dos recicláveis às indústrias.

e) Tempo Previsto para Implantação da Usina.

O prazo para implantação de unidades compostas por até 4 módulos de 150 ton/dia é de 23 meses, contados a partir da concessão da licença de instalação pela autoridade ambiental local (USINA VERDE).

f) Viabilidade Econômica

O Centro Tecnológico da Usina Verde apresenta alguns dados que informam sobre a viabilidade econômica de implantação da usina de acordo com a potência a ser instalada.

Informações dadas pela Usina Verde consideram simulações de Fluxo de Caixa para 20 anos. Apresentando (USINA VERDE, 2009):

- Venda de Energia prevista: R\$ 140,00/MWh ;
- Créditos de Carbono a ser obtido: R\$ 22,00 (US\$ 13.92)/ton;

A tabela 3.2 mostra os resultados considerando a capacidade de tratamento em toneladas de lixo/dia, o investimento na usina, o custo por tonelada de lixo a ter uma destinação final e o retorno financeiro a partir do sexto ano.

A tabela 3.2 - Resultados de o retorno financeiro com a implantação de usina a incineração dos resíduos sólidos urbanos. Fonte Usina Verde modificada.

Geração Efetiva	Estimativa de Investimento R\$	Custo com a Destinação Final Atualmente praticada (considerado o mesmo para dispor na Usina)	TIR/Retorno
150ton/dia /3,2MW	28.000.000,00	R\$ 45,00/ton	17,6%/ano 6
300ton/dia /6,4MW	52.000.000,00	R\$ 40,00/ton	19,7%/ano 6
600ton/dia /12,8MW	100.000.000,00	R\$ 35,00/ton	19,5%/ano 6

3.3 O Problema da Interconexão da Geração Distribuída

No processo de conexão da geração distribuída (GD) com a rede de distribuição algumas observações precisam ser consideradas. É necessário que a tensão do gerador esteja em sincronismo com a tensão da rede, ambas devem ter a mesma sequência de fase, as frequências das tensões devem ser iguais e não deve existir defasagem entre as tensões do gerador e da rede de distribuição. É importante também que se faça a análise dos impactos que a GD traz aos dispositivos de proteção já existentes na rede de distribuição, uma vez que esta rede não foi projetada para receber a inserção de GD.

Com a inserção da GD no sistema de distribuição os fluxos de potência podem ser invertidos e, com isso, o sistema de distribuição deixa de ser apenas um elemento passivo simplesmente alimentando cargas, para se tornar um sistema ativo com fluxos de potência e tensões determinados pelas gerações e pelas cargas. Por exemplo, uma GD utilizando geradores síncronos irá fornecer potência ativa, porém dependendo da excitação do gerador poderá fornecer ou absorver energia reativa. (MORAES, 2006)

Dependendo das circunstâncias, a geração distribuída pode melhorar ou piorar a qualidade da energia recebida pelos demais usuários da rede elétrica. Gerações distribuídas mal projetadas que utilizem interfaces de eletrônica de potência na sua conexão com a rede podem injetar harmônicos de corrente, os quais podem levar a níveis inaceitáveis de distorção na tensão do sistema. (MORAES, 2006)

A geração distribuída tem importantes conseqüências na operação de redes de distribuição em que os circuitos passam a ser energizados de uma grande variedade de pontos diferentes. A expansão da GD não está limitada somente na busca de melhores custos de produção ou por uma diminuição dos impactos ambientais através de fontes renováveis, mas também em estudos que venham a garantir a confiabilidade, qualidade e estabilidade da operação do sistema.

Em face dos problemas expostos da geração distribuída ainda não solucionado no mundo, este trabalho propõe no capítulo 5 a seguir, a operação ilhada da usina, ou seja, a injeção da energia produzida é destinada a um alimentador de distribuição sem que o mesmo possua outra fonte de suprimento (como a energia despachada da subestação de distribuição).

3.4 As Vantagens de um Sistema de Geração Distribuída a partir do Lixo

A geração distribuída proporciona diversos benefícios, como maior continuidade por não necessitar de longas linhas de transmissão, menor impacto ambiental, dentre outros, isto pelo fato de ser uma geração que se localiza próxima à carga. Além disso, permite o atendimento da demanda crescente de forma rápida, já que a construção de grandes usinas hidrelétricas, que é o modelo de geração mais usada no Brasil, é um processo demorado.

Várias são as vantagens em se dar uma destinação adequada aos resíduos sólidos urbanos. Duas vantagens merecem destaque: a primeira está ligada à saúde pública, pois com o tratamento adequado, o lixo evita a proliferação de animais transmissores de doenças; a segunda está diretamente ligada ao clima, uma vez que, com a incineração total dos resíduos com recuperação de energia, evita-se a formação de novas fontes de emissão de gases prejudiciais ao meio ambiente, por exemplo, o metano, o qual é considerado pior que o CO₂ ao efeito estufa. Segundo o Inventário de Gases do Efeito Estufa na Cidade de São Paulo, as emissões do biogás (que contém o metano) dos aterros são a segunda maior fonte emissora de gases do efeito estufa.

Outras vantagens da incineração para GD são vislumbradas (USINA VERDE, 2009):

- A energia gerada a partir do lixo urbano pode atender o consumo de mais de 25% da população que produziu o lixo;
- Há a possibilidade de inclusão de catadores com condições dignas de trabalho – 50 catadores por módulo;
- As emissões de acordo com as normas ambientais;
- Uso de cinzas e inertes na construção civil ou em pavimentação;
- Não necessita de extensas áreas para a implantação da usina de incineração para geração de energia elétrica, é uma área em torno de 13 mil m²/módulo.

Os Sistemas de Geração Distribuída fornecem várias vantagens, porém não se pode esquecer que alguns estudos relevantes são necessários quando estes sistemas são conectados ao sistema de Distribuição da Concessionária.

A operação do sistema proposto será através de transferência de cargas. O alimentador da Geração Distribuída a partir da incineração dos resíduos sólidos urbanos pode transferir ou absorver bloco (s) de carga do alimentador do sistema convencional da Concessionária. Para

tanto, há necessidade da instalação de equipamentos de manobra, como chaves e disjuntores, por exemplo, para realizar as manobras operativas entre os alimentadores envolvidos (alimentador da Geração Distribuída e alimentadores do sistema interligado).

Vale lembrar que para aplicar a metodologia de transferência de carga entre alimentadores radiais de distribuição, é necessária a observação das condições de operação do sistema elétrico, como níveis de tensão e carregamento dos alimentadores, prioridade de atendimento dos consumidores e ainda a natureza física que os circuitos devem apresentar.

3.5 Conclusão

Este capítulo apresentou uma proposta para Geração de Energia Elétrica a partir da incineração do lixo urbano, com possibilidade de geração até mesmo em municípios pequenos (que tenham baixa produção de resíduos sólidos), como os existentes na amazônia. Para tanto, abordou-se a necessidade da constituição de Consórcio Público Intermunicipal, haja vista que, os municípios individualmente não possuem a capacidade de produção de resíduos suficientes para geração de energia elétrica.

Diante do cenário exibido, onde todos os municípios dispõem seus resíduos de forma não adequada, promovendo dessa forma, a facilidade para a proliferação de vetores causadores de doenças, oferecendo cada vez mais riscos à saúde pública, vislumbra-se na proposta de geração de energia elétrica a partir da queima destes resíduos uma alternativa para amenizar os problemas causados pela disposição inadequada do lixo urbano, e ainda contribuir com o suprimento de energia elétrica para os municípios envolvidos.

A fim de validar a proposta, simulações são realizadas com o sistema real da concessionária CELPA, empresa que realiza o atendimento na região do estudo. Todavia, para que seja possível essas simulações é necessário o uso da ferramenta fluxo de carga para diagnosticar e propor a implantação de sistemas elétricos. As simulações envolvem os sistemas de distribuição e subtransmissão. Assim, apresenta-se no capítulo 4 a seguir um programa de fluxo de carga que foi desenvolvido especificamente para os sistemas de distribuição e subtransmissão para ser utilizado no capítulo 5 nas realizações das simulações pretendidas.

CAPÍTULO 4

O FLUXO DE CARGA ESPECÍFICO PARA OS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO E SUBTRANSMISSÃO

4.1 Introdução

Este capítulo apresenta a descrição do programa de fluxo de carga utilizado para a realização de simulações do sistema elétrico existente na região nordeste do estado do Pará com o objetivo da implantação de uma usina geradora de energia elétrica a partir da incineração de resíduos sólidos urbanos. Entretanto, julga-se conveniente, antes da descrição do programa de fluxo de carga, uma abordagem do sistema de distribuição observando suas peculiaridades, tendo em vista que o sistema elétrico existente na região modelo de estudo, onde se realiza as simulações apresentadas no capítulo 5 seguinte, é um sistema de distribuição suprido por uma linha de subtransmissão em 34,5kV.

4.2 O Sistema de Distribuição

O Sistema de Potência pode ser definido como sendo composto por: sistema de geração, sistema de transmissão, sistema de subtransmissão e o sistema de distribuição de energia elétrica.

O Sistema de Distribuição é definido como a parte do sistema de potência que se inicia a partir da subestação abaixadora de distribuição até os pontos de consumo e pode ser dividido em: Rede Primária ou Circuito Primário, a qual compreende a subestação de distribuição e os alimentadores primários, e a Rede Secundária ou Circuito Secundário que é composto pelos transformadores de distribuição, alimentadores secundários e ramais de serviço ou de ligação (Luz, 1992).

No Sistema de Distribuição as subestações de distribuição podem ser alimentadas pelas linhas de transmissão ou pelas linhas de subtransmissão. Das subestações saem os alimentadores primários que irão alimentar os transformadores de distribuição, destes transformadores saem os alimentadores secundários que irão atender os consumidores da rede secundária. A Figura 4.1 mostra o digrama unifilar de um sistema de distribuição.

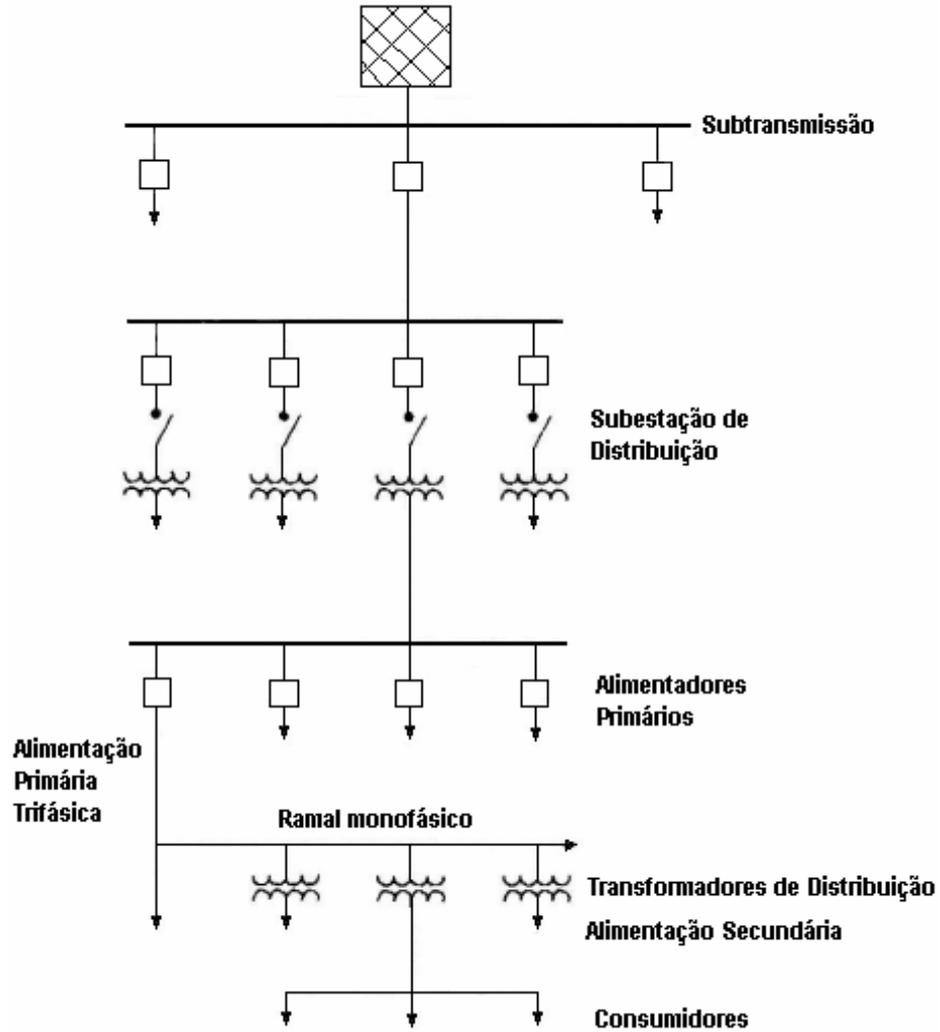


Figura 4.1 - Diagrama Unifilar de um Sistema de Distribuição (LEÃO, 2010)

A rede de distribuição representa o nível final na estrutura de um sistema de potência. A Figura 4.2 mostra a estrutura de um sistema de potência apresentando os principais componentes, dentre estes o sistema de distribuição de energia elétrica.

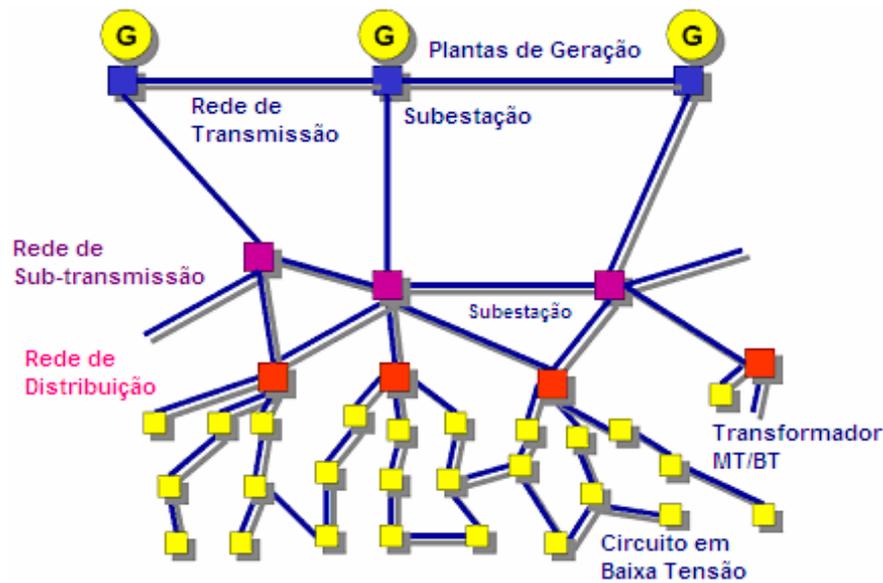


Figura 4.2 - Estrutura tradicional de um sistema de potência. [Fonte: ANEEL].

As redes de distribuição alimentam consumidores industriais de médio e pequeno porte, consumidores comerciais e de serviços e consumidores residenciais. Os níveis de tensão de distribuição são assim classificados segundo o Prodist - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (ANEEL):

- Alta tensão de distribuição (AT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV;
- Média tensão de distribuição (MT): tensão entre fases cujo valor eficaz é superior a 1 kV e inferior a 69 kV.
- Baixa tensão de distribuição (BT): tensão entre fases cujo valor eficaz é igual ou inferior a 1 kV.

As tensões de conexão padronizadas para AT e MT são: 138 kV (AT), 69 kV (AT), 34,5 kV (MT) e 13,8 kV (MT). O setor terciário, tais como hospitais, edifícios administrativos, pequenas indústrias, etc, são os principais usuários da rede de Média Tensão e os consumidores do setor residencial são atendidos em Baixa Tensão de distribuição.

A tabela 4.1 mostra, segundo o módulo 3 do Prodist, as tensões nominais padronizadas de baixa tensão dos sistemas trifásico e monofásico.

Tabela 4.1 Tensões Nominais Padronizadas de Baixa Tensão – Prodíst Módulo 3.

Sistema	Tensão Nominal (V)
Trifásico	220 / 127
	380 / 220
Monofásico	254 / 127
	440 / 220

O fornecimento de energia elétrica em níveis inadequados de tensão pode provocar, dentre outros danos como, a redução de vida útil dos equipamentos, até mesmo a queima dos equipamentos elétricos.

4.3 A Operação dos Sistemas de Distribuição

A operação de um sistema de distribuição visa manter os consumidores abastecidos de energia elétrica de acordo com os padrões adequados que garantam continuidade, confiabilidade e qualidade da energia, para tal as empresas de concessão do sistema de distribuição devem ter uma estrutura que lhes permitam operar com segurança diante das contingências diárias e/ou interrupções programadas. As eventuais falhas devem ser detectadas e corrigidas no menor tempo possível, dessa forma os índices de desempenho do sistema serão mantidos.

É através da operação dos sistemas de distribuição que é feita a avaliação da confiabilidade e da qualidade de suprimento de energia elétrica oferecida aos consumidores. A operação da distribuição executa ações para atender as cargas segundo suas características.

A preocupação de fornecimento de energia elétrica com níveis compatíveis aos solicitados pelos equipamentos de uso final de energia faz parte das atribuições da operação do sistema de distribuição.

De acordo com o Módulo 8 do Prodíst, há algumas faixas de variação de tensão de atendimento que devem ser obedecidas pelo sistema de distribuição das concessionárias. São estabelecidos os limites adequados, precários e críticos de valores dos níveis de tensão, os valores de tensão medidos devem ser comparados à tensão de referência, de acordo com a

distância observada da tensão de referência são classificados os níveis de tensão em adequados, precários ou críticos. As tabelas 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7 mostram os limites a serem obedecidos pelas concessionárias que operam os sistemas de distribuição em AT, MT e BT.

Tabela 4.2 – Limites de Tensão Nominal igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV (AT)

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,95TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,90TR \leq TL < 0,95TR$ ou $1,05TR < TL \leq 1,07TR$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,07TR$

Tabela 4.3 – Limites de Tensão Nominal superior a 1 kV e inferior a 69 kV (MT)

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,93TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,90TR \leq TL < 0,93TR$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,05TR$

Tabela 4.4 – Limites de Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (220/127) (BT)

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(201 \leq TL \leq 231) / (116 \leq TL \leq 133)$
Precária	$(189 \leq TL < 201$ ou $231 < TL \leq 233) /$ $(109 \leq TL < 116$ ou $133 < TL \leq 140)$
Crítica	$(TL < 189$ ou $TL > 233) / (TL < 109$ ou $TL > 140)$

Tabela 4.5 – Limites de Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (380/220) (BT)

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(348 \leq TL \leq 396) / (201 \leq TL \leq 231)$
Precária	$(327 \leq TL < 348 \text{ ou } 396 < TL \leq 403) / (189 \leq TL < 201 \text{ ou } 231 < TL \leq 233)$
Crítica	$(TL < 327 \text{ ou } TL > 403) / (TL < 189 \text{ ou } TL > 233)$

Tabela 4.6 – Limites de Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (254/127) (BT)

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(232 \leq TL \leq 264) / (116 \leq TL \leq 132)$
Precária	$(220 \leq TL < 232 \text{ ou } 264 < TL \leq 269) / (109 \leq TL < 116 \text{ ou } 132 < TL \leq 140)$
Crítica	$(TL < 220 \text{ ou } TL > 269) / (TL < 109 \text{ ou } TL > 140)$

Tabela 4.7 – Limites de Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (440/220) (BT)

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(402 \leq TL \leq 458) / (201 \leq TL \leq 229)$
Precária	$(380 \leq TL < 402 \text{ ou } 458 < TL \leq 466) / (189 \leq TL < 201 \text{ ou } 229 < TL \leq 233)$
Crítica	$(TL < 380 \text{ ou } TL > 466) / (TL < 189 \text{ ou } TL > 233)$

4.4 A Expansão dos Sistemas de Distribuição

O Sistema de Distribuição se torna limitado quando atinge condições inadequadas de operação, seja por razões físicas ou razões operacionais como, carregamento, níveis de tensão e continuidade do serviço, necessitando, portanto, de serviços de melhoramento do sistema, sendo até mesmo necessária uma expansão do sistema. Porém, se o sistema mostrar que as condições de atendimento ainda são compatíveis com as metas almejadas para manter a qualidade do serviço, faz-se simulações do comportamento do sistema contemplando futuras solicitações, até serem observadas, nos anos seguintes, as possíveis limitações seja devido aos níveis de continuidade ou aos níveis de tensão (ELETROBRÁS, 1982).

Para expansão dessas redes alguns recursos são requeridos, como:

- Instalação de Banco de Capacitores;
- Instalação de Reguladores de Tensão;
- Recondutoramento;
- Construção de Novos Alimentadores;
- Ampliação da Subestação de Distribuição;
- Elevação da Tensão Nominal do Sistema;
- Construção de Nova Subestação.

Entretanto, tais recursos não são de baixo custo, portanto, para uma ação mais eficiente tecnicamente e razoavelmente econômica é necessário uma análise criteriosa do comportamento de todo o sistema antes de serem instalados.

Visando a expansão do sistema de distribuição futuramente, é essencial um estudo de planejamento. O objetivo do planejamento do sistema de distribuição é de assegurar que a crescente procura por eletricidade seja atendida dentro dos padrões de qualidade de continuidade de serviço estabelecidos, assegurando dessa forma, segurança, padronização, confiabilidade e minimização dos investimentos.

São grandes o número e a complexidade dos fatores que devem ser considerados no planejamento do sistema de distribuição. A previsão de carga é o fator mais importante para a expansão do sistema de distribuição, portanto, a previsão de aumento de carga e de reação do sistema para estes aumentos é essencial para o processo de planejamento, assim como, a escassez de terrenos urbanos, as considerações ambientais, a localização da magnitude das cargas, a busca pela rentabilidade máxima e a minimização das perdas e custos na construção de subestações considerando as limitações de confiabilidade do serviço (TURAN GONEN).

Algumas ferramentas são fundamentais para auxiliar no estudo do planejamento para expansão dos sistemas de distribuição, em alguns casos faz-se uso de modelos matemáticos, outros casos dependendo do grau de precisão exigido para os resultados e da complexidade do sistema usa-se métodos computacionais, e ainda há casos que poderão ser utilizados processos simplificados aplicando-se coeficientes unitários de queda de tensão (ELETROBRÁS, 1982).

4.5 O Programa de Fluxo de Carga como Ferramenta de Estudo do Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição

O estudo de fluxo de potência, também chamado fluxo de carga, é uma das mais valiosas ferramentas com que conta o engenheiro de potência: a partir de sua solução, dispõe-se de dados importantes que permitirão ao engenheiro analisar e tomar decisões sobre o planejamento e operação do sistema de distribuição, propondo sua expansão futura.

O cálculo do fluxo de potência em uma rede de energia elétrica consiste basicamente na determinação do estado da rede e na distribuição do fluxo de carga.

Descreve-se nesta seção, de modo resumido, o algoritmo do programa de fluxo de carga desenvolvido especificamente para avaliar os sistemas de distribuição e subtransmissão. O algoritmo descrito envolve as características intrínsecas da distribuição, como redes radiais, condutores padronizados, fator de demanda, fator de diversidade, fator de potência, fator de utilização, fator de coincidência e índice de crescimento por região (barra) do sistema.

O programa de fluxo de carga utilizado neste trabalho foi desenvolvido pela Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – COELBA com implementações realizadas na dissertação de mestrado de LUZ (LUZ, 1992).

O algoritmo é descrito através dos seguintes passos:

Passo 1: Inicia com os valores de tensão lida na barra da subestação, perdas nulas e carregamentos nulos.

Passo 2: Cálculo das demandas em cada barra.

Determinam-se as demandas de potências ativas e relativas (demandas diversificadas) em cada barra de rede radial, conforme Figura 4.3. Para obtenção dessas demandas são utilizados fatores intrínsecos da distribuição como: fator de demanda, fator de coincidência, etc.

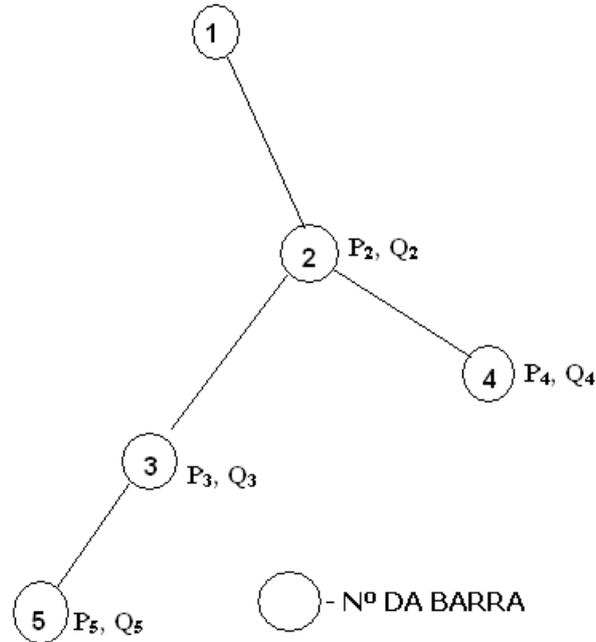
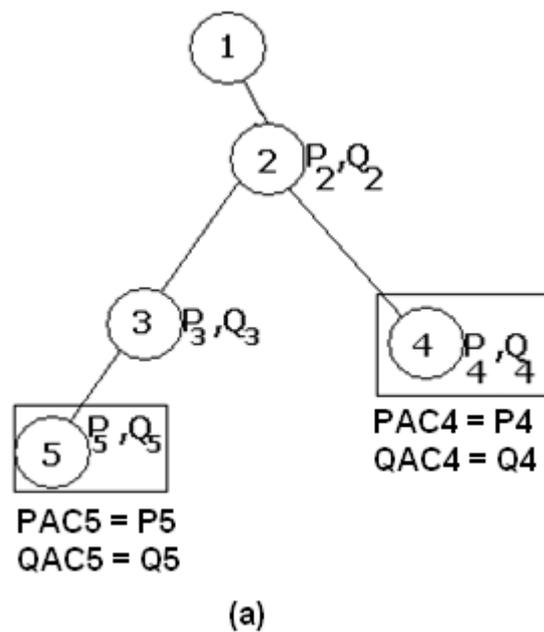


Figura 4.3 – Rede radial simplificada, contendo os pontos (barras de carga).

Passo 3: Cálculo das demandas acumuladas.

Calculam-se as demandas acumuladas nas barras. Este cálculo é iniciado pela última barra do alimentador, acumulando-se as potências barras acima, até a barra da subestação, não se levando em consideração as perdas ocorridas nos ramos (trechos). Situação ilustrada pela Figura 4.4.



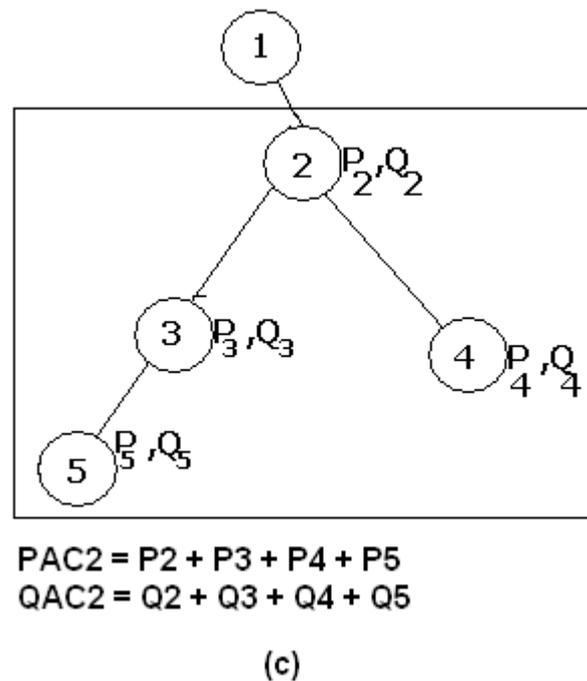
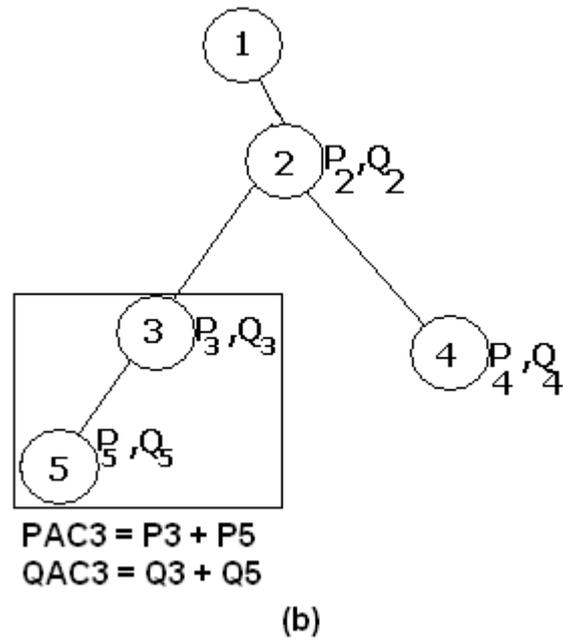


Figura 4.4 – Rede radial, destacando as demandas acumuladas nas barras, sem considerar as perdas dos ramos: (a) destaca a potência acumulada nas barras 4 e 5, (b) destaca a potência acumulada na barra 3 e (c) destaca a potência acumulada na barra 2.

Onde P_{AC} e Q_{AC} são a demanda de potência ativa e a demanda de potência reativa acumuladas respectivamente.

Passo 4: Cálculo das tensões

De posse das demandas acumuladas, sem considerar as perdas nos ramos, calculam-se as tensões. Este cálculo é realizado barra por barra desde a subestação até a última barra do alimentador.

Na dedução da equação para o cálculo das tensões, faz-se um sistema equivalente da rede em um sistema de duas barras, conforme figura 4.5 (a), utilizando-se as demandas acumuladas obtidas no passo 2. Assim, a carga $P_{AC2} + jQ_{AC2}$ é a demanda acumulada na barra 2 que alimenta o subsistema S_{12} , formado pela barra 2 e todas as barras que dela partem. Observa-se que as perdas nos ramos não foram computadas, ou seja, a potência vista pela barra 2 é apenas o somatório das cargas nas barras do subsistema S_{12} :

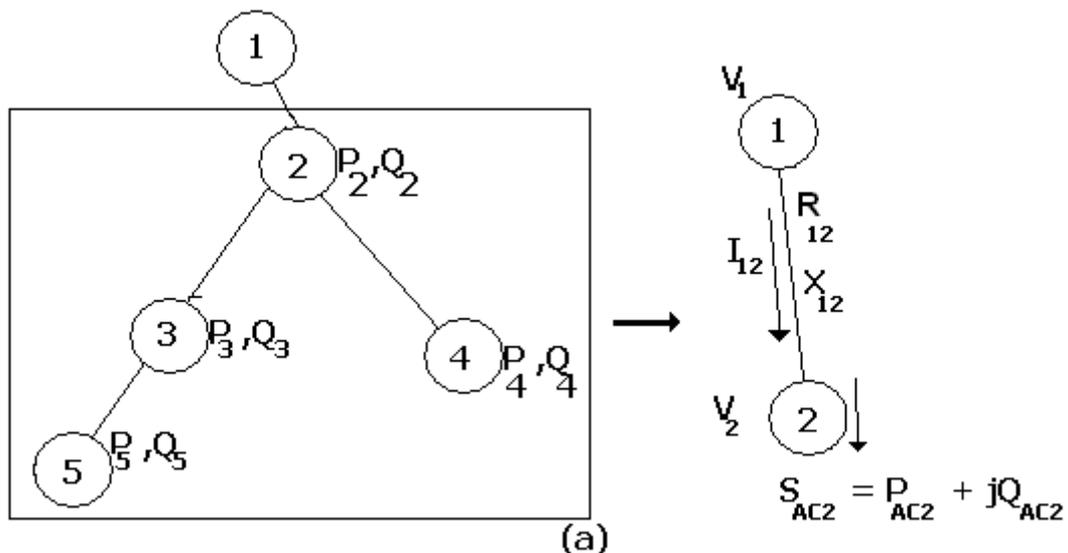
$$P_{AC2} = \sum_i P_i, i \in S_{12} \quad (4.1)$$

$$Q_{AC2} = \sum_i Q_i, i \in S_{12} \quad (4.2)$$

$$S_{AC2} = P_{AC2} + jQ_{AC2} \quad (4.3)$$

Devido à queda de tensão na linha, conforme mostra o diagrama vetorial da figura 4.4 (b), tem-se a seguinte relação entre os módulos das tensões:

$$V_2 = V_1 - \Delta V_{12} \quad (4.4)$$



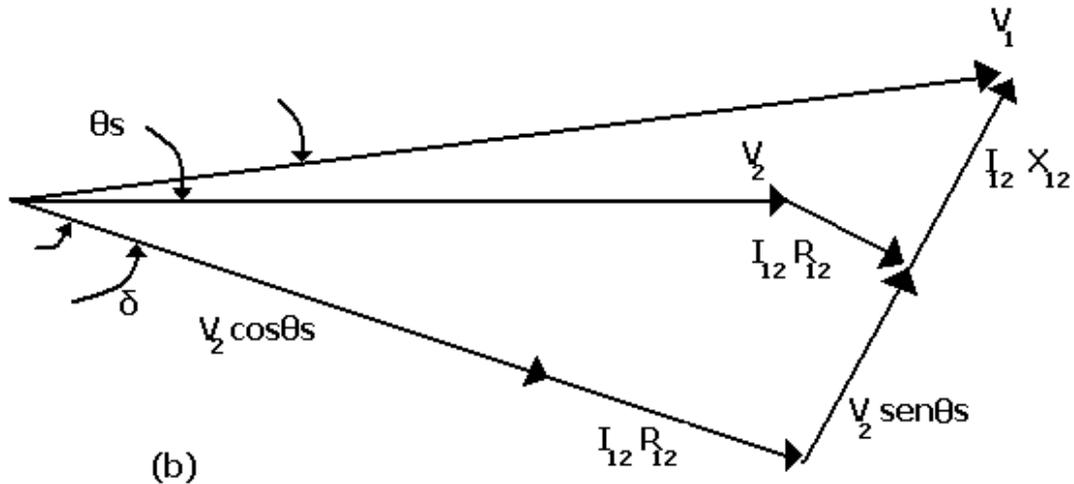


Figura 4.5 – Sistema radial de distribuição (a) – Sistema equivalente de suas barras para cálculo de tensão, (b)- Diagrama vetorial

Onde, tensão V_2 na barra 2 é menor do que tensão V_1 na barra 1, devido à queda de tensão ΔV_{12} através da resistência R_{12} e reatância X_{12} da linha. δ é o ângulo entre a corrente I_{12} e a tensão na barra 1 (barra de subestação) e θ_s é o ângulo entre a corrente e a tensão na barra 2. A diferença entre δ e θ_s é o ângulo de defasagem da linha.

A queda de tensão satisfaz a relação:

$$\Delta V_{12} = \sqrt{(V_2 \cdot \cos \theta_s + R_{12} I_{12})^2 + (V_2 \cdot \sin \theta_s + X_{12} I_{12})^2} - V_2 \quad (4.5)$$

Como:

$$I_{12} = S_{AC2} / V_2 \quad (4.6)$$

$$\cos \theta_s = P_{AC2} / S_{AC2} \quad (4.7)$$

$$\sin \theta_s = Q_{AC2} / S_{AC2} \quad (4.8)$$

Substituindo-se (4.6), (4.7) e (4.8) em (4.5) tem-se:

$$\Delta V_{12} = \sqrt{\left(V_2 \cdot \frac{P_{AC2}}{S_{AC2}} + R_{12} \cdot \frac{S_{AC2}}{V_2}\right)^2 + \left(V_2 \cdot \frac{Q_{AC2}}{S_{AC2}} + X_{12} \cdot \frac{S_{AC2}}{V_2}\right)^2} - V_2 \quad (4.9)$$

Observa-se da equação (4.9) que a queda de tensão é a função da tensão V_2 (desconhecida). Em outras palavras, para calcular a queda de tensão é necessário o valor de uma grandeza desconhecida.

Pode-se enfrentar o problema da seguinte maneira:

- Adota-se um valor razoável para V_2 e, com base nessa hipótese, obtém-se uma solução aproximada para a queda de tensão ΔV_{12} através da equação (4.9).
- Conhecida a queda ΔV_{12} obtém-se uma nova estimativa para V_2 através da equação (4.4).

Trata-se de um processo de cálculo iterativo, que converge quando as tensões V_2 calculadas em duas iterações consecutivas n e $n-1$ estiverem suficientemente próximas (de acordo com uma tolerância ϵ pré-estabelecida):

$$V_2^n - V_2^{n-1} \leq \epsilon \quad (4.10)$$

De posse da tensão V_2 , desdobra-se o alimentador, conforme a figura 4.6 e calcula-se a tensão na barra 3 por expressões similares a (4.4), (4.9) e (4.10).

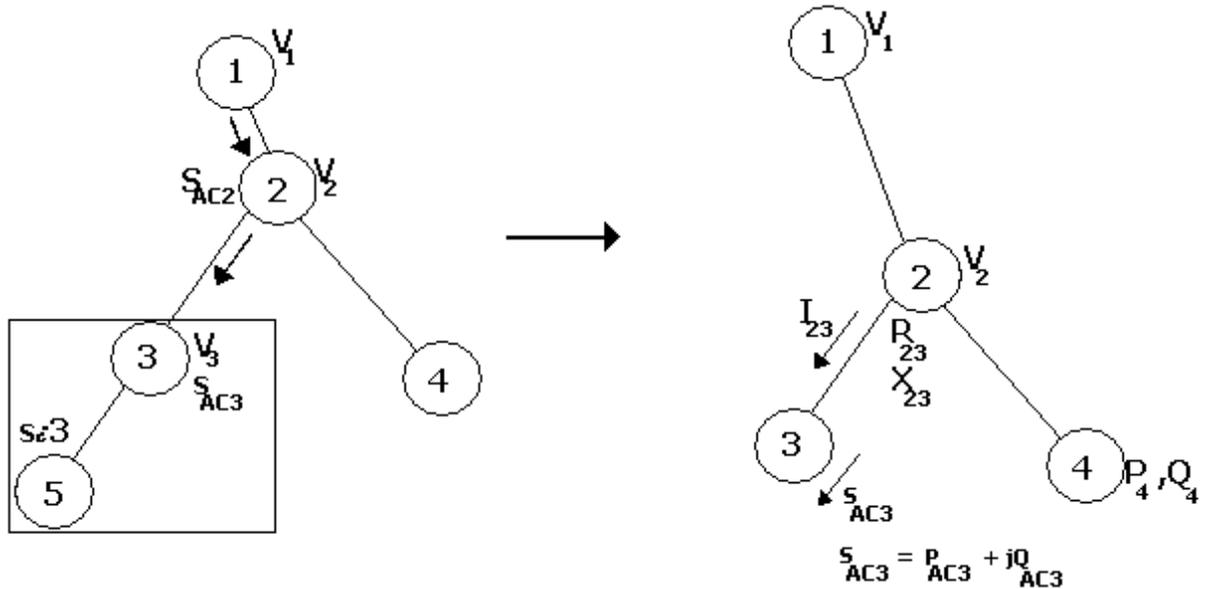


Figura 4.6– Desdobramento do alimentador.

$$V_3 = V_2 - \Delta V_{23} \quad (4.11)$$

$$\Delta V_{23} = \sqrt{\left(V_3 \cdot \frac{P_{AC3}}{S_{AC3}} + R_{23} \cdot \frac{S_{AC3}}{V_3}\right)^2 + \left(V_3 \cdot \frac{Q_{AC3}}{S_{AC3}} + X_{23} \cdot \frac{S_{AC3}}{V_3}\right)^2} - V_3 \quad (4.12)$$

$$V_3^n - V_3^{n-1} \leq \varepsilon \quad (4.13)$$

Onde:

ΔV_{23} = Queda de tensão no trecho que liga a barra 2 a barra 3.

V_3 = Tensão na barra 3.

R_{23} = Resistência no trecho que liga a barra 2 a barra 3.

X_{23} = Reatância no trecho que liga a barra 2 a barra 3.

P_{AC3} , Q_{AC3} e S_{AC3} - são a demanda ativa, reativa e aparente que alimentam o subsistema S_{i3} e calculadas de forma semelhante às equações (4.1), (4.2) e (4.3).

- O Processo se repete ao longo da rede para todas as barras do alimentador.

Passo 5: Cálculo das Perdas

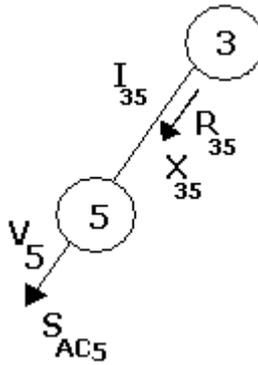


Figura 4.7 – Trecho do alimentador entre as barras 3 e 5.

- As perdas são obtidas através das seguintes equações:

$$P_{R35} = \left(\frac{S_{AC5}}{V_5} \right)^2 \cdot R_{35} \quad (4.14)$$

$$Q_{R35} = \left(\frac{S_{AC5}}{V_5} \right)^2 \cdot X_{35} \quad (4.15)$$

Onde:

P_{R35} e Q_{R35} = são, respectivamente, as perdas ativa e reativa no trecho 3-5.

S_{AC5} = é a demanda acumulada na barra 5.

Subindo-se um nó na árvore, torna-se a barra 3.

Acrescentando-se a perda obtida no trecho 3-5 à demanda acumulada na barra 3:

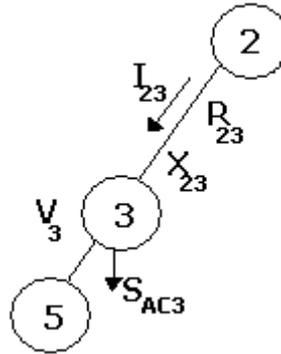


Figura 4.8 – Trecho do alimentador entra as barras 2 e 3 e 3 e 5.

$$P_{AC3} = P_{AC3} + P_{R35} \quad (4.16)$$

$$Q_{AC3} = Q_{AC3} + Q_{R35} \quad (4.17)$$

- Utilizam-se as novas demandas acumuladas P_{AC3} e Q_{AC3} , acrescidas das perdas no ramo 3-5, para calcular o novo valor de S_{AC3} e as perdas do trecho antecedente à barra 3.

$$P_{R23} = \left(\frac{S_{AC3}}{V_3} \right)^2 \cdot R_{23} \quad (4.18)$$

$$Q_{R23} = \left(\frac{S_{AC3}}{V_3} \right)^2 \cdot X_{23} \quad (4.19)$$

Assim, o processo se repete para todas as barras e trechos. Para verificar a convergência do processo compara com estimativas das tensões e perdas, se convergir pára, se não convergir segue, e para atualizar as demandas utiliza o modelo de carga composta e volta ao passo 2.

4.5.1 Características do Fluxo de Carga utilizado nesta Pesquisa

Vale ressaltar que este programa de fluxo de carga chamado EXPANSÃO aplica-se somente aos sistemas radiais, entretanto, atende inteiramente a necessidade do estudo operativo e de planejamento do sistema elétrico de distribuição.

Não há limitação quanto ao número de alimentadores e número de anos de estudo. Os anos posteriores ao ano base de estudo, possuem as seguintes alternativas para preparação de dados:

- Mesma configuração;
- Nova configuração;
- Modificação.

Mesma configuração – é o valor que deve ser assumido pela variável informação de forma que seja processado qualquer ano de estudo posterior ao ano base, sem alteração na configuração do alimentador e considerando somente a aplicação dos índices de crescimento adotados.

Nova configuração – é o valor que assume a variável informação quando a configuração do alimentador de distribuição é completamente diferente do ano posterior, e não se torna interessante fazer alterações nos dados do ano base ou anterior, uma vez que seria grande o número de modificações a serem feitas.

Modificação – é o valor a ser assumido pela variável informação de maneira que seja processado qualquer ano de estudo, cujas mudanças na configuração da rede não sejam consideráveis. A modificação pode se dá através de uma **alteração** de qualquer dos dados de barra e/ou linha; **exclusão** de barra e/ou linha; e **inclusão** de barra e/ou linha. A variável Modificação funciona mantendo os dados do ano anterior (não necessariamente o ano base) alterando-os segundo as modificações introduzidas e encarregando-se da projeção da demanda pela aplicação dos índices de crescimento.

Este programa possibilita um tratamento diferenciado entre as cargas atendidas pelos transformadores de distribuição (cargas tradicionais) e grandes consumidores. Informa-se na entrada dos dados o fator de potência de cada grande consumidor separadamente. O programa fixa os valores de demandas de grandes consumidores não alterando os mesmos durante os anos em estudo. Os índices de crescimento só são aplicados às cargas tradicionais.

Informações importantes de ordem prática são introduzidas e expressas nos relatórios de saída, como: nome da subestação; código do alimentador; ano base e ano de estudo. Um dado de entrada que facilita o usuário é a utilização nos dados de linha da bitola do condutor, ao invés da resistência e a reatância. Internamente no programa, a bitola do condutor é associada aos parâmetros de impedância do mesmo e ao valor da corrente máxima admissível.

Os dados de entrada para a execução do programa são listados abaixo:

a) Dados da subestação

- nome da subestação.

b) Dados do alimentador

- código do alimentador;
- ano base do estudo;
- tensão base;
- ano de estudo;
- fator de potência das cargas tradicionais;
- demanda do alimentador.

c) Dados de barra

- número da barra ou ponto;
- modificação (alteração, exclusão ou inclusão de barra);
- potência instalada das cargas tradicionais da barra em kVA;
- Fator de demanda das cargas tradicionais da barra;
- índice de crescimento das cargas tradicionais da barra em (%);
- demanda do grande consumidor da barra em kW;
- fator de coincidência do grande consumidor da barra;
- fator de potência do grande consumidor da barra;
- potência do banco de capacitor instalado na barra em kVAr.

d) Dados de linha

- número da linha;
- modificação (alteração, exclusão ou inclusão de linha);
- bitola do condutor;
- barra início;
- barra fim;
- comprimento da linha (por 100 metros);
- observação referente à barra fim.

Para o relatório de saída têm-se no início os dados da subestação, dados do alimentador e fator de potência. A seguir os itens do relatório de saída:

a) Dados de Barra

- número da barra;

- potência das cargas tradicionais instaladas na barra;
- fator de demanda das cargas tradicionais da barra;
- índice de crescimento das cargas tradicionais em percentagem;
- demanda do grande consumidor da barra em kW;
- fator de coincidência do grande consumidor da barra;
- fator de potência do grande consumidor da barra;
- Índice de regulação na barra em percentagem;
- nível de tensão em percentagem;
- potência acumulada em kVA;
- potência acumulada em kW;
- potência acumulada em kVAr;
- observação, se for o caso.

b) Dados de Barra

- número da linha;
- barra início;
- barra fim;
- bitola do condutor;
- comprimento da linha (por 100 metros);
- corrente percentual da admissível;
- perda ativa em cada linha (kW);
- perda reativa em cada linha (kVAr);
- somatório da perda ativa do alimentador (kW);
- somatório da perda reativa do alimentador (kVAr).

É possível listar algumas das vantagens oferecidas por este programa, a seguir tem-se:

- 1) Processamento de uma só vez de vários alimentadores e anos de estudo, sem limitação dos mesmos;
- 2) Qualquer ano de estudo posterior ao ano base que se deseje processar pode ser feito sem a necessidade de processamento de todos os anos entre este ano e ano base;
- 3) Apresenta como alternativas de estudo de alimentador após o ano base, o uso da variável “INFORMAÇÃO” assumindo os seguintes valores: Mesma configuração, Nova configuração e Modificação, que cobre perfeitamente as possibilidades de alteração na configuração de um ano para outro;

- 4) Permite o processamento ou não de qualquer ano de estudo que esteja armazenado na entrada de dados;
- 5) Permite entrada do fator de potência das cargas tradicionais e das cargas de grandes consumidores separadamente, o que é importante uma vez que a natureza destas cargas normalmente é distinta;
- 6) Informações importantes de ordem prática são encontradas nos relatórios de saída, tais como: nome da subestação, código do alimentador, ano base e estudo, nome de grandes consumidores e observações, se for o caso;
- 7) Utilização da bitola dos condutores na entrada dos dados e relação na saída;
- 8) Cálculo dos níveis de tensão por método iterativo, corrente percentual da admissível para cada trecho, potência acumulada em kVA, kW e kVAr, perdas ativas (kW) e reativas (kVAr);
- 9) Todos os dados de entrada são expressos na saída.

A aplicação do programa EXPANSÃO, nesta pesquisa, é praticada utilizando os dados da Subestação Colares e Vigia. As simulações utilizando programa de fluxo de carga são apresentadas no capítulo 5 deste trabalho.

CAPÍTULO 5

SIMULAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA A RESÍDUOS SÓLIDOS

5.1 Introdução

Este capítulo visa apresentar uma simulação da operação de uma Usina Geradora de Energia Elétrica através da Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, como proposto no capítulo 2, a fim de atender o acréscimo de demanda de energia elétrica de parte da Região Nordeste do Estado do Pará, no caso o atendimento aos Municípios Colares, Santo Antonio do Tauá, Santa Izabel, São Caetano de Odivelas e Vigia. O acréscimo da demanda foi observado pela carga das duas subestações que atendem a região: subestação Colares e Vigia. Esta previsão de carga foi determinada através do estudo de fluxo de carga realizado nos alimentadores da SE Colares, com projeção para a subestação Vigia visto que estas subestações apresentam os mesmos índices de crescimento. O índice de crescimento ano/ano adotado foi 5% (cinco por cento) em relação à demanda atual. Este índice é o normalmente praticado pela concessionária distribuidora de energia elétrica, a Celpa (REDE CELPA). O estudo foi realizado em um horizonte de curto prazo, no caso, de 2009 a 2015. O *software* computacional utilizado na simulação foi o apresentado no capítulo 4 deste trabalho, no caso o programa EXPANSÃO (LUZ, 1992).

A simulação da operação da usina produtora de energia elétrica contempla a injeção de energia produzida diretamente no alimentador primário de distribuição (CL-01), atualmente suprido pela SE-Colares da concessionária Celpa, mediante a manobra operativa para transferir o suprimento integral deste alimentador para a usina geradora, sem o comprometimento da qualidade da energia elétrica nesta operação.

5.2 O Sistema Elétrico que atende a Região em Estudo

O Sistema Elétrico que atende as subestações Vigia e Colares é oriundo do Sistema Interligado Nacional-SIN, o qual através de linhas de transmissão e linhas de subtransmissão chega até a subestação Terra Alta. É desta subestação que sai uma linha de subtransmissão em 34,5kV para atender as subestações Colares e Vigia.

A figura 5.1 ilustra a localização das subestações Vigia e Colares, os dois alimentadores da subestação Colares CL-01 e CL-02, assim como a subestação de onde deriva a linha de 34,5kV para atender as subestações Vigia e Colares, isto é, a subestação Terra Alta.

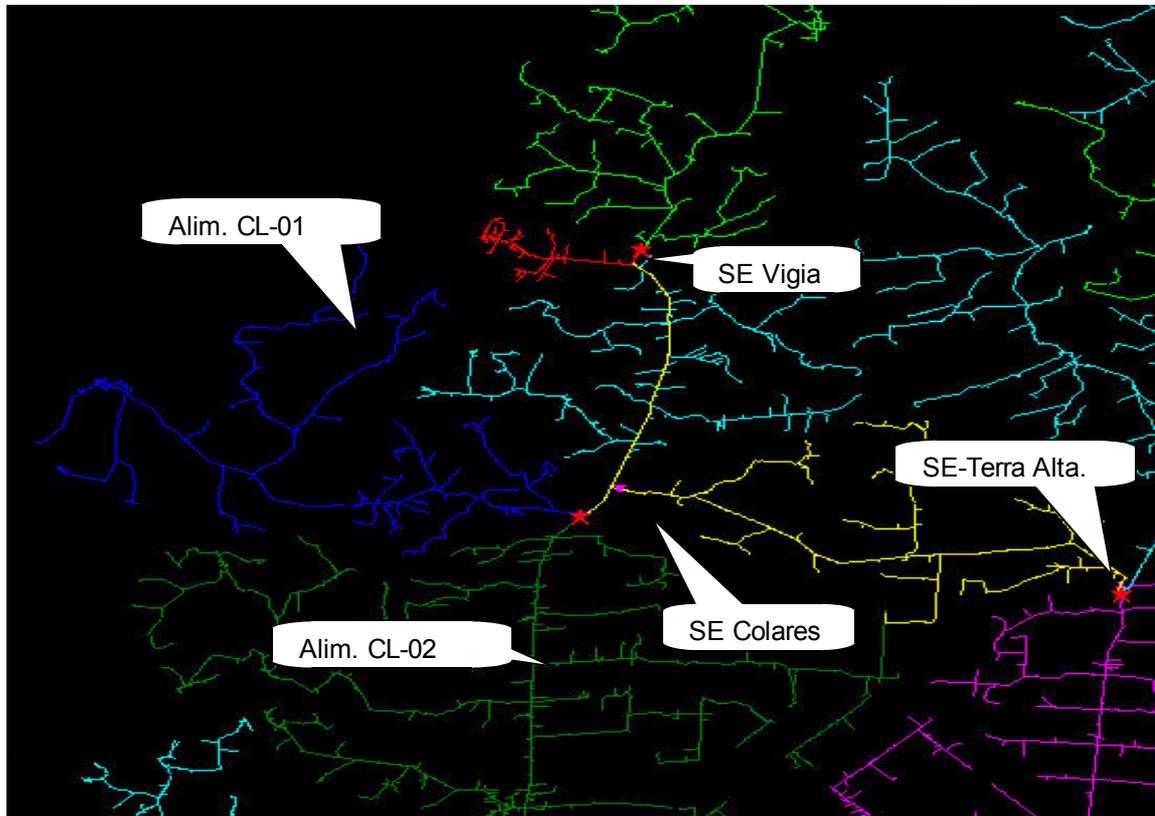


Figura 5.1- Sistema Elétrico do trecho SE Terra Alta para as SE's Colares e Vigia, destacando-se os alimentadores da subestação Colares, CL-01 e CL-02.

5.2.1 Características da Subestação do Município Colares

A subestação Colares (SE Colares) é atendida pela Subestação Terra Alta através de um alimentador de 34,5 kVA. É composta por apenas um transformador de 5MVA-34,5/13,8kV, este supre dois alimentadores em 13.8 kV, o alimentador CL-01 e o alimentador CL-02. O alimentador CL-01 atende somente os consumidores do Município Colares, enquanto que o Alimentador CL-02 atende os consumidores do Município Santo Antonio do Tauá e uma pequena parte do Município Santa Izabel.

Os alimentadores CL-01 e CL-02 possuem um carregamento máximo, medido na subestação, respectivamente de 1,3 MW e 4,6 MW, no final do ano 2009, segundo a Concessionária Rede Celpa.

5.2.2 Características da Subestação do Município Vigia

A Subestação Vigia atende aos Municípios Vigia e São Caetano de Odivelas. Esta subestação possui a mesma origem de atendimento, ou seja, é atendida por uma linha de subtransmissão em 34,5 kV vindo do Município Terra Alta. É composta por dois transformadores de 5MVA-34,5kV/13,8kV, e faz a distribuição através de três alimentadores em 13.8kV, são eles identificados como VG-01, VG-02 e VG-03.

5.3 O Estudo de Previsão de Carga das Subestações Colares e Vigia

O Estudo de Previsão de Carga da SE Colares

O estudo da previsão de carga da SE Colares foi realizado verificando-se o comportamento do crescimento da demanda ao longo dos seus dois alimentadores – CL-01 e CL-02. Para tanto, foi utilizado o programa de fluxo de carga desenvolvido especificamente para a distribuição, o programa EXPANSÃO, descrito no Capítulo 4 deste trabalho.

5.3.1 O Estudo de Previsão de Carga do Alimentador CL-01 da SE Colares

O alimentador CL-01 atende ao Município Colares e tem a configuração mostrada na figura 5.2. O diagrama de barras deste alimentador CL-01 com as respectivas cargas instaladas em cada barra e as distâncias entre barras são mostradas na figura 5.3.

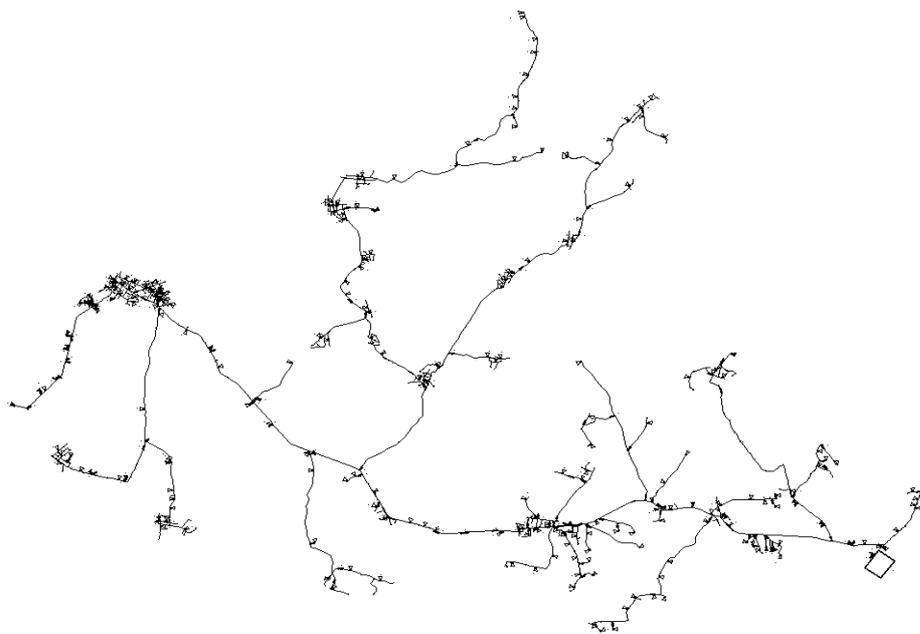
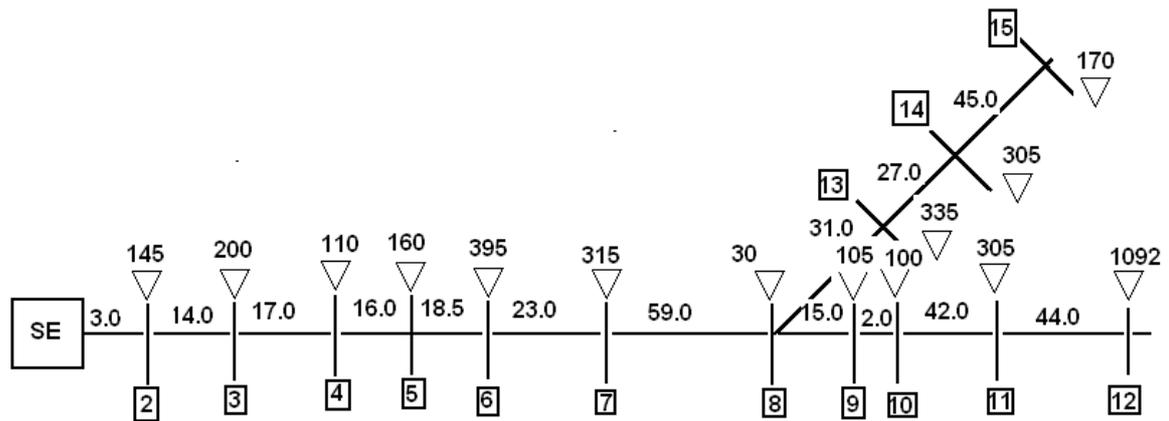


Figura 5.2 - Diagrama Unifilar do Alimentador CL-01



▽ - Potência instalada de transformadores de distribuição acumuladas nas barras em kVA;

□ - Número das barras;

- Número existente entre as barras refere-se aos trechos de linhas entre barras.

Figura 5.3- Diagrama de Barras do Alimentador CL-01

5.3.2 Dados de Entrada do Programa de Fluxo de Carga EXPANSÃO para o Alimentador CL-01 no Ano 2009.

- **Dados de Barra**

Para o estudo de fluxo de carga a ser realizado pelo programa em questão utiliza-se as seguintes informações em cada barra do alimentador, como mostra a planilha 1, a saber:

- Identificação do alimentador: Alimentador CL-01;
- Ano base: 2009;
- Tensão nominal na subestação: 13.8kV;
- Ano de estudo: 2009;
- Fator de potência lido na subestação: 0,96
- Carregamento do alimentador lido na subestação: 1.354,16 kVA (no ano base de estudo, no caso 2009);

- Identificação de informação de dados: Dados de Barra
- Número da barra: 01, 02, 03,.....;
- Tensão vista na barra da subestação: 14.0 kV
- Potência do conjunto de transformadores de distribuição em kVA instalada em cada barra: 145.0 kVA na barra 02, 200.0 kVA na barra 03.....
- Fator de demanda em cada barra: 0.60
- Índice de crescimento da carga por barra ano/ano: 5%
- Demanda de transformadores de consumidor particular: 0.000;
- Fator de coincidência do consumidor particular (grande consumidor) com os transformadores de distribuição: 0.00;
- Fator de potência do consumidor particular: 0,0, (neste alimentador não existe este tipo de consumidor);
- Potência do banco de capacitores instalado na barra, em kVAr: 0.00;
- Modelagem de carga: 40% para potência constante; 00% corrente constante e 60% impedância constante.

- **Dados de Linha**

Os dados de linha necessários no programa são:

- Identificação de informação de dados: Dados de Linha;
- Número de barra: 01, 02, 03.....;
- Bitola de cabo utilizado na distribuição: 1/0CAA, 2CAA;
- Trecho de linha: 01-02, 02-03, 03-04.....
- Distância do trecho da linha em hectômetro: 03.00, 14.00, 17.00.....

A planilha 1 mostra os dados de entrada do programa de fluxo de carga utilizado. Os dados são: dados de barra e de linha no ano de 2009 para o alimentador CL-01.

Planilha 1 – Dados de entrada do programa de fluxo de carga para o alimentador CL-01 – ano
2009

SUBESTAÇÃO COLARES											
ALIMENTADOR CL-01 (Max)			2009		13.8						
2009	0.96		1354.16								
DADOS DE BARRA											
01	14.00	000.00	0.00	0.0	000.0	0.00	0.00	000	00.	00.	00.
02		145.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
03		200.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
04		110.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
05		160.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
06		395.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
07		315.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
08		30.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
09		105.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
10		100.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
11		305.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
12		1092.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
13		335.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
14		305.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
15		170.00	0.60	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
99											
DADOS DE LINHA											
01	1/OCAA	01	02	03.00							
02	1/OCAA	02	03	14.00							
03	1/OCAA	03	04	17.00							
04	1/OCAA	04	05	16.00							
05	1/OCAA	05	06	18.50							
06	1/OCAA	06	07	23.00							
07	1/OCAA	07	08	59.00							
08	1/OCAA	08	09	15.00							
09	1/OCAA	09	10	02.00							
10	1/OCAA	10	11	42.00							
11	1/OCAA	11	12	44.00							
12	2CAA	08	13	31.00							
13	2CAA	13	14	27.00							
14	2CAA	14	15	45.00							

5.3.3 Os Resultados do Fluxo de Carga do programa EXPANSÃO para o Alimentador CL-01, para o ano 2009.

Os dados de saída do programa de fluxo de carga do alimentador CL-01 para o ano de 2009 são mostrados na planilha 2. Nesta planilha pode-se verificar que o menor valor de tensão, em percentual em relação ao valor da tensão nominal do alimentador, apresenta-se na barra número 12, o referido valor é de 93,2% do valor da tensão nominal. Este valor está dentro do percentual aceitável, segundo o Módulo 8 do Prodist (ANEEL).

Com relação aos valores de carregamento dos ramos das linhas, na coluna corrente percentual da admissível, mostrado no relatório de saída do fluxo de carga, observa-se que o maior carregamento é da ordem de 26,4% da capacidade de condução de corrente do cabo do alimentador. Portanto, o carregamento do alimentador encontra-se com bastante folga, conforme é apresentado na planilha 2.

Planilha 2- Relatório de Saída do Fluxo de Carga para o alimentador CL-01 em 2009.

SUBESTAÇÃO COLARES															
ANO 2009 DEMANDA = 1354.2 KVA FP = .95 MPV = 4 NMAX = 3 ENGP66 VBASE =13.8 KV															
-PONTO	POTENCIA	FATOR	INDICE	DEMANDA	FATOR	FP	REG	NIVEL	POTENCIA	POTENCIA	POTENCIA	BANCO(KVAR)	-- CARGA--		
0	TRAFO(KVA)	DEMANDA	CRESC(%)	GCON(KW)	COINC	GCON (%)	TENSAO(%)	ACUM. (KVA)	ACUM(KW)	ACUM(KVAR)	CAPACITOR	%P	%I	%Z	
0 1	.0	.00	0.	0.	.00	.00	0.	101.4	1356.	1292.	410.	0.	100.	0.	0.
0 2	145.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	101.3	1354.	1291.	408.	0.	40.	0.	60.
0 3	200.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	100.6	1292.	1232.	387.	0.	40.	0.	60.
0 4	110.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	99.7	1209.	1155.	360.	0.	40.	0.	60.
0 5	160.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	98.9	1161.	1109.	343.	0.	40.	0.	60.
0 6	395.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	98.1	1095.	1047.	321.	0.	40.	0.	60.
0 7	315.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	97.2	948.	907.	276.	0.	40.	0.	60.
0 8	30.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	95.1	822.	788.	234.	0.	40.	0.	60.
0 9	105.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	94.8	537.	515.	153.	0.	40.	0.	60.
0 10	100.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	94.7	501.	481.	143.	0.	40.	0.	60.
0 11	305.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	93.9	464.	445.	131.	0.	40.	0.	60.
0 12	1092.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	93.2	360.	345.	101.	0.	40.	0.	60.

0 13	335.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	94.6	271.	260.	76.	0.	40.	0.	60.
0 14	305.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	94.3	159.	152.	44.	0.	40.	0.	60.
0 15	170.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	94.2	57.	54.	16.	0.	40.	0.	60.

SUBESTAÇÃO COLARES										
ANO 2009 DEMANDA = 1354.2 KVA FP = .95 MPV = 4 NMAX = 3 ENGP66 VBASE =13.8 KV										
-LINHA	PONTO	AO PONTO	BITOLA DO	DISTANCIA	DIST.ACUM.	CORRENTE PERCENTUAL	PERDA(KW)	PERDA(KVAR)		
0			CONDUTOR	(100M)	(100M)	TUAL DA ADMISSIVEL	ATIVA	REATIVA		
0 1	1	2	1/OC&A	3.00	3.00	26.4	1.8	1.5		
0 2	2	3	1/OC&A	14.00	17.00	25.3	7.9	6.3		
0 3	3	4	1/OC&A	17.00	34.00	23.9	8.5	6.8		
0 4	4	5	1/OC&A	16.00	50.00	23.2	7.5	6.0		
0 5	5	6	1/OC&A	18.50	68.50	22.0	7.9	6.3		
0 6	6	7	1/OC&A	23.00	91.50	19.3	7.5	6.0		
0 7	7	8	1/OC&A	59.00	150.50	17.0	15.0	12.0		
0 8	8	9	1/OC&A	15.00	165.50	11.2	1.6	1.3		
0 9	9	10	1/OC&A	2.00	167.50	10.4	.2	.2		
0 10	10	11	1/OC&A	42.00	209.50	9.7	3.5	2.8		
0 11	11	12	1/OC&A	44.00	253.50	7.6	2.2	1.8		

0 12	8	13	2C&A	31.00	181.50	7.6	1.4	.7		
0 13	13	14	2C&A	27.00	208.50	4.5	.4	.2		
0 14	14	15	2C&A	45.00	253.50	1.6	.1	.0		

							65.6	51.8		

5.3.4 Dados de Entrada do Programa de Fluxo de Carga EXPANSÃO para o Alimentador CL-01 no Ano 2015.

Para se verificar a previsão de carga no ano 2015 utilizam-se os mesmos dados de carga utilizados no ano base de 2009, e emprega-se o índice de crescimento previsto para os anos futuros, isto é, o percentual de crescimento de demanda considerado de 5% ano/ano.

A planilha 3 apresenta os dados do alimentador CL-01 para execução do fluxo de carga no ano de 2015.

Planilha 3- Dados de entrada do alimentador CL-01 para execução do fluxo de carga em 2015.

SUBESTAÇÃO COLARES											
ALIMENTADOR CL-01 (Max)											
2009											
13.8											
2015											
0.96											
DADOS DE BARRA											
01	14.00	000.00	0.00	0.0	000.0	0.00	0.00	000	00.	00.	00.
02		145.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
03		200.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
04		110.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
05		160.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
06		395.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
07		315.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
08		30.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
09		105.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
10		100.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
11		305.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
12		1092.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
13		335.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
14		305.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
15		170.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
99											
DADOS DE LINHA											
01	1/OCAA	01	02	03.00							
02	1/OCAA	02	03	14.00							
03	1/OCAA	03	04	17.00							
04	1/OCAA	04	05	16.00							
05	1/OCAA	05	06	18.50							
06	1/OCAA	06	07	23.00							
07	1/OCAA	07	08	59.00							
08	1/OCAA	08	09	15.00							
09	1/OCAA	09	10	02.00							
10	1/OCAA	10	11	42.00							
11	1/OCAA	11	12	44.00							
12	2CAA	08	13	31.00							
13	2CAA	13	14	27.00							
14	2CAA	14	15	45.00							

5.3.5 Os Resultados do Fluxo de Carga do programa EXPANSÃO para o Alimentador CL-01, para o ano 2015.

Conforme mostrado através da planilha 4, os resultados evidenciam quedas de tensão nas barras 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15. Todavia, estes percentuais de níveis de tensão se enquadram, de acordo com os limites estabelecidos pelo Prodist, em uma categoria de situação precária de nível de tensão.

Planilha 4- Relatório de Saída do Fluxo de Carga para o alimentador CL-01 em 2015.

SUBESTAÇÃO COLARES															
ALIMENTADOR CL-01(Max) ANO 2015 DEMANDA = 1824.1 KVA FP = .95 MPV = 1 NMAX = 3 ENGP66 VBASE =13.8 KV															
-PONTO	POTENCIA	FATOR	INDICE	DEMANDA	FATOR	FP	REG	NIVEL	POTENCIA	POTENCIA	POTENCIA	BANCO(KVAR)	-- CARGA--		
0	TRAFO(KVA)	DEMANDA	CRESC (%)	GCON(KU)	COINC	GCON	(%)	TENSAO(%)	ACUM. (KVA)	ACUM(KW)	ACUM(KVAR)	CAPACITOR	%P	%I	%Z
0 1	.0	.00	0.	0.	.00	.00	0.	101.4	1824.	1734.	565.	0.	100.	0.	0.
0 2	145.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	101.2	1820.	1731.	562.	0.	40.	0.	60.
0 3	200.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	100.2	1732.	1649.	531.	0.	40.	0.	60.
0 4	110.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	99.1	1617.	1540.	492.	0.	40.	0.	60.
0 5	160.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	98.1	1548.	1476.	466.	0.	40.	0.	60.
0 6	395.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	96.9	1456.	1390.	434.	0.	40.	0.	60.
0 7	315.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	95.7	1256.	1200.	371.	0.	40.	0.	60.
0 8	30.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	92.9	1079.	1034.	309.	0.	40.	0.	60.
0 9	105.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	92.5	704.	675.	202.	0.	40.	0.	60.
0 10	100.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	92.4	658.	630.	189.	0.	40.	0.	60.
0 11	305.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	91.3	606.	581.	172.	0.	40.	0.	60.
0 12	1092.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	90.4	469.	450.	131.	0.	40.	0.	60.

0 13	335.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	92.2	356.	341.	100.	0.	40.	0.	60.
0 14	305.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	91.9	208.	199.	58.	0.	40.	0.	60.
0 15	170.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	91.6	74.	71.	21.	0.	40.	0.	60.

SUBESTAÇÃO COLARES															
ALIMENTADOR CL-01(Max) ANO 2015 DEMANDA = 1824.1 KVA FP = .95 MPV = 1 NMAX = 3 ENGP66 VBASE =13.8 KV															
-LINHA	PONTO	AO PONTO	BITOLA DO	DISTANCIA	DIST.ACUM.	CORRENTE	PERCEN-	PERDA (KW)	PERDA (KVAR)						
0			CONDUTOR	(100M)	(100M)	TUAL DA	ADMISSIVEL	ATIVA	REATIVA						
0 1	1	2	1/OCAA	3.00	3.00	35.5		3.3	2.6						
0 2	2	3	1/OCAA	14.00	17.00	34.1		14.3	11.4						
0 3	3	4	1/OCAA	17.00	34.00	32.2		15.4	12.3						
0 4	4	5	1/OCAA	16.00	50.00	31.2		13.6	10.9						
0 5	5	6	1/OCAA	18.50	68.50	29.6		14.2	11.4						
0 6	6	7	1/OCAA	23.00	91.50	25.9		13.5	10.8						
0 7	7	8	1/OCAA	59.00	150.50	22.9		27.2	21.7						
0 8	8	9	1/OCAA	15.00	165.50	15.0		3.0	2.4						
0 9	9	10	1/OCAA	2.00	167.50	14.0		.3	.3						
0 10	10	11	1/OCAA	42.00	209.50	13.1		6.3	5.0						
0 11	11	12	1/OCAA	44.00	253.50	10.2		4.0	3.2						

0 12	8	13	2CAA	31.00	181.50	10.2		2.5	1.3						
0 13	13	14	2CAA	27.00	208.50	6.0		.7	.4						
0 14	14	15	2CAA	45.00	253.50	2.1		.2	.1						

0											118.6	93.7			
0															

5.3.6 O Estudo de Previsão de Carga do Alimentador CL-02 da SE Colares

O alimentador CL-02 possui um carregamento máximo de 4,6MVA, lido na barra da subestação. A figura 5.4 demonstra o arranjo deste alimentador, bem como o diagrama de barras através da figura 5.5.

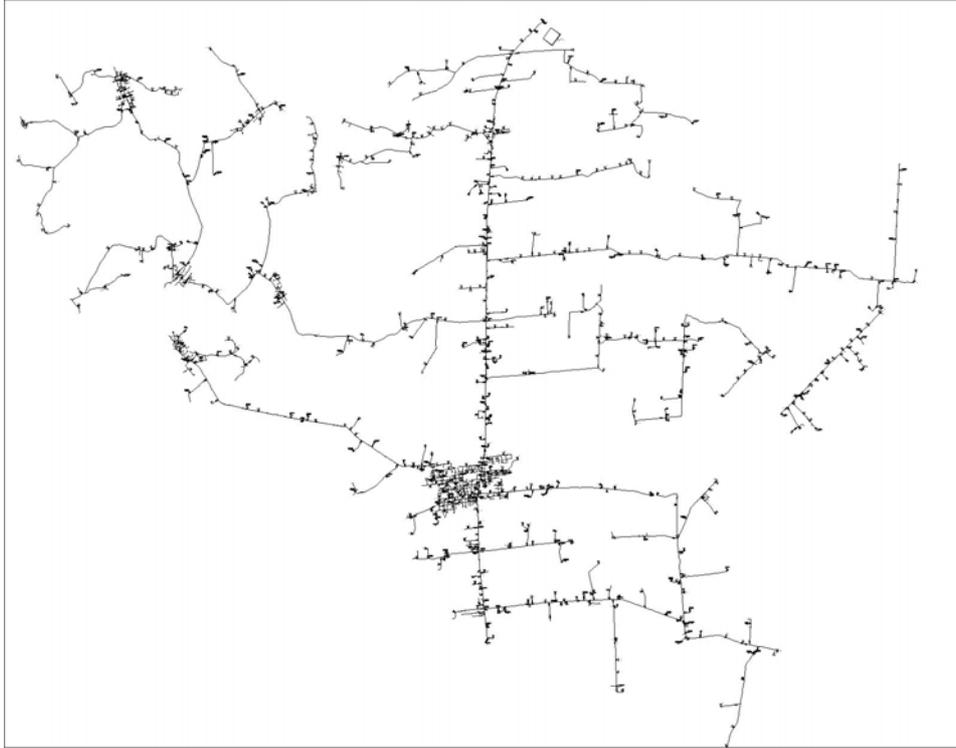
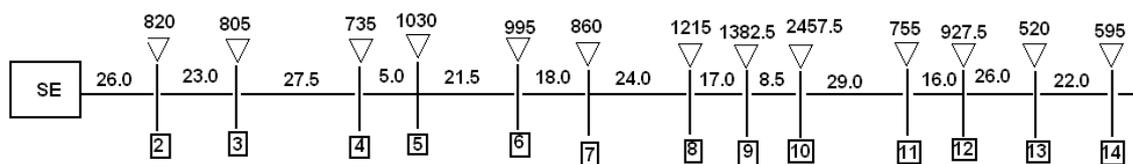


Figura 5.4- Diagrama unifilar Alimentador CL-02



▽ - Potência acumulada nas barras em kVA;

□ - Número das barras;

- Número existente entre as barras refere-se à distância entre barras.

Figura 5.5- Diagrama de Barras Alimentador CL-02

5.3.7 Dados de Entrada do Programa de Fluxo de Carga EXPANSÃO para o Alimentador CL-02 no Ano 2009.

- **Dados de Barra**

Para o estudo de fluxo de carga a ser realizado pelo programa, como visto para o alimentador CL-01, as seguintes informações em cada barra são apresentadas:

- Identificação do alimentador: Alimentador CL-02;
- Ano base: 2009;
- Tensão nominal na subestação: 13.8kV;
- Ano de estudo: 2009;
- Fator de potência lido na subestação: 0.99
- Carregamento do alimentador lido na subestação: 4.646,46 kVA
- Identificação de informação de dados: Dados de Barra
- Número da barra: 01, 02, 03,.....;
- Tensão vista na barra da subestação: 14.0 kV
- Potência em kVA instalada em cada barra: 820.0 kVA na barra 02, 805.0 kVA na barra 03.....
- Fator de demanda em cada barra: 0.60
- Índice de crescimento da carga por barra ano/ano: 5%
- Demanda de transformadores de consumidor particular: 0.000;
- Fator de coincidência do consumidor particular (grande consumidor) com os transformadores de distribuição: 0.00;
- Fator de potência do consumidor particular: 0,0;
- Potência do banco de capacitores instalado na barra, em kVAr: 0.00;
- Modelagem de carga: 40% para potência constante; 00% corrente constante e 60% impedância constante.

5.3.8 Os Resultados do Fluxo de Carga do programa EXPANSÃO para o Alimentador CL-02, para o ano 2009.

O alimentador CL-02 possui um carregamento máximo de 4,6MVA, lido na barra da subestação. O resultado do fluxo de carga realizado para o mesmo ano, isto é, o ano 2009 serviu para confirmar as informações de carregamento do alimentador visto na subestação, assim como verificar os valores de tensão em cada barra e os carregamentos em cada trecho de linha do mesmo. A planilha 6 mostra os dados de saída do estudo de fluxo de carga do alimentador CL-02 no ano 2009. Pode-se verificar que existem barras do alimentador que estão com os valores de tensão abaixo do estabelecido em normas, como visto desde a barra 3 até a barra 14, cujos valores estão abaixo dos 93% da nominal, considerados deste modo valores precários e valores críticos com níveis de tensão abaixo de 90% da nominal. Porém o carregamento do alimentador está dentro da faixa admissível de capacidade de corrente dos cabos. Isto se justifica pelo fato do alimentador ter grande extensão e ter cargas relativamente leves, por não serem consumidores particulares que requeiram demanda significativa.

Planilha 6- Relatório de Saída do Fluxo de Carga para o alimentador CL-02 em 2009.

SUBESTAÇÃO COLARES															
1	ALIMENTADOR CL-02 (Max)														
0	ANO 2009 DEMANDA = 4646.5 KVA FP = .97 MPV = 4 NMAX = 4 ENGP66 VBASE =13.8 KV														
-PONTO	POTENCIA	FATOR	INDICE	DEMANDA	FATOR	FP	REG	NIVEL	POTENCIA	POTENCIA	POTENCIA	BANCO (KVAR)	CARGA--		
0	TRAFO (KVA)	DEMANDA	CRESO (%)	GCON (KW)	COINC	GCON (%)	TENSAO (%)	ACUH. (KVA)	ACUH (KW)	ACUH (KVAR)	CAPACITOR	%P	%I	%Z	
0 1	.0	.00	0.	0.	.00	.00	0.	101.4	4648.	4508.	1131.	0.	100.	0.	0.
0 2	820.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	96.7	4432.	4322.	982.	0.	40.	0.	60.
0 3	805.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	92.9	3986.	3899.	827.	0.	40.	0.	60.
0 4	735.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	90.5	3627.	3563.	680.	0.	40.	0.	60.
0 5	1030.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	90.1	3379.	3320.	630.	0.	40.	0.	60.
0 6	995.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	88.5	3001.	2955.	523.	0.	40.	0.	60.
0 7	860.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	86.4	2629.	2593.	434.	0.	40.	0.	60.
0 8	1215.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	84.0	2303.	2275.	354.	0.	40.	0.	60.
0 9	1382.5	.36	5.	0.	.00	.00	0.	82.5	1913.	1892.	283.	0.	40.	0.	60.
0 10	2457.5	.36	5.	0.	.00	.00	0.	81.7	1498.	1482.	219.	0.	40.	0.	60.
0 11	755.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	80.6	788.	779.	114.	0.	40.	0.	60.
0 12	927.5	.36	5.	0.	.00	.00	0.	80.2	572.	566.	82.	0.	40.	0.	60.
0 13	520.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	79.8	311.	308.	44.	0.	40.	0.	60.
0 14	595.0	.36	5.	0.	.00	.00	0.	79.6	165.	164.	23.	0.	40.	0.	60.

SUBESTAÇÃO COLARES									
1	ALIMENTADOR CL-02 (Max)								
0	ANO 2009 DEMANDA = 4646.5 KVA FP = .97 MPV = 4 NMAX = 4 ENGP66 VBASE =13.8 KV								
-LINHA	PONTO	AO PONTO	BITOLA DO CONDUTOR	DISTANCIA (100M)	DIST.&ACUM. (100M)	CORRENTE TUAL DA	PERCEN-ADMISSIVEL	PERDA (KW) ATIVA	PERDA (KVAR) REATIVA
0 1	1	2	1/OCAA	26.00	26.00	90.4		186.3	148.7
0 2	2	3	1/OCAA	23.00	49.00	84.7		144.6	115.5
0 3	3	4	4/OCAA	27.50	76.50	50.7		75.7	109.8
0 4	4	5	4/OCAA	5.00	81.50	47.4		12.0	17.5
0 5	5	6	4/OCAA	21.50	103.00	42.9		42.3	61.4
0 6	6	7	1/OCAA	18.00	121.00	60.0		56.9	45.4
0 7	7	8	1/OCA	24.00	145.00	54.6		60.4	42.6
0 8	8	9	1/OCA	17.00	162.00	46.2		30.6	21.6
0 9	9	10	2CA	8.50	170.50	49.5		15.3	7.0
0 10	10	11	1/OCA	29.00	199.50	19.5		9.3	6.5
0 11	11	12	1/OCAA	16.00	215.50	14.1		2.8	2.2
0 12	12	13	1/OCAA	26.00	241.50	7.7		1.3	1.1
0 13	13	14	2CA	22.00	263.50	5.6		.5	.2

0	638.0	579.6
---	-------	-------

5.3.9 Dados de Entrada do Programa de Fluxo de Carga EXPANSÃO para o Alimentador CL-02 no Ano 2015.

Do mesmo modo que foi feito para o alimentador CL-01, utilizam-se as informações de carregamento e as características dos cabos do alimentador CL-02 do ano 2009 e introduz-se o índice de crescimento de demanda de 5% (cinco por cento) ano/ano. Assim, tem-se a planilha de dados de entrada do programa de fluxo de carga para se verificar a projeção de demanda no ano de 2015. Tais dados são mostrados na planilha 7.

Planilha 7 – Dados de entrada do programa de fluxo de carga para o alimentador CL-02 – ano 2015.

SUBESTAÇÃO COLARES											
ALIMENTADOR CL-02 (Max)											
		2009		13.8							
2015		0.99									
DADOS DE BARRA											
01	14.00	000.00	0.00	0.0	000.0	0.00	0.00	000	00.	00.	00.
02		820.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
03		805.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
04		735.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
05		1030.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
06		995.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
07		860.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
08		1215.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
09		1382.50	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
10		2457.50	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
11		755.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
12		927.50	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
13		520.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
14		595.00	0.36	5.0	000.0	0.00	0.00	000	40.	00.	60.
99											
DADOS DE LINHA											
01	1/OCAA	01	02	26.00							
02	1/OCAA	02	03	23.00							
03	4/OCAA	03	04	27.50							
04	4/OCAA	04	05	05.00							
05	4/OCAA	05	06	21.50							
06	1/OCAA	06	07	18.00							
07	1/OCA	07	08	24.00							
08	1/OCA	08	09	17.00							
09	2CA	09	10	08.50							
10	1/OCA	10	11	29.00							
11	1/OCAA	11	12	16.00							
12	1/OCAA	12	13	26.00							
13	2CA	13	14	22.00							
99											

5.3.10 Os Resultados do Fluxo de Carga do programa EXPANSÃO para o Alimentador CL-02, para o ano 2015.

A planilha 8 demonstra os resultados da simulação do fluxo de carga para o alimentador CL-02, no ano de 2015. Sobre os valores de tensão as observações são que somente as barras 1 e 2, a barra 1 na subestação, estão com valores adequados, as 12 barras restantes encontram-se com valores de nível de tensão crítico (barras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14). Com relação ao nível de carregamento dos cabos do alimentador CL-02, em 2015, o fluxo mostra, na coluna corrente percentual da admissível, que na saída do alimentador tronco a capacidade máxima de condução de corrente do mesmo é ultrapassada em cerca de 25% da nominal.

Planilha 8- Relatório de Saída do Fluxo de Carga para o alimentador CL-02 em 2015.

SUBESTAÇÃO COLARES															
1	ALIMENTADOR	CL-02 (Max)	ANO 2015	DEMANDA =	6299.2 KVA	FP =	.96	MPV =	1	NMAX =	4	ENGP66	VBASE =	13.8 KV	
-PONTO	POTENCIA	FATOR	INDICE	DEMANDA	FATOR	FP	REG	NIVEL	POTENCIA	POTENCIA	POTENCIA	BANCO(KVAR)	--	CARGA--	
0	TRAFO(KVA)	DEMANDA	CRESC (%)	GCON(KW)	COINC	GCON	(%)	TENSAO(%)	ACUM. (KVA)	ACUM(KW)	ACUM(KVAR)	CAPACITOR	%P	%I	%Z
0 1	.0	.00	0.	0.	.00	.00	0.	101.4	6299.	6048.	1762.	0.	100.	0.	0.
0 2	820.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	95.0	5897.	5706.	1489.	0.	40.	0.	60.
0 3	805.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	89.6	5217.	5071.	1224.	0.	40.	0.	60.
0 4	735.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	86.3	4695.	4593.	973.	0.	40.	0.	60.
0 5	1030.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	85.7	4367.	4273.	899.	0.	40.	0.	60.
0 6	995.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	83.6	3851.	3781.	727.	0.	40.	0.	60.
0 7	860.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	80.7	3339.	3287.	587.	0.	40.	0.	60.
0 8	1215.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	77.4	2887.	2850.	462.	0.	40.	0.	60.
0 9	1382.5	.48	5.	0.	.00	.00	0.	75.4	2380.	2353.	359.	0.	40.	0.	60.
0 10	2457.5	.48	5.	0.	.00	.00	0.	74.2	1856.	1835.	276.	0.	40.	0.	60.
0 11	755.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	72.8	970.	960.	142.	0.	40.	0.	60.
0 12	927.5	.48	5.	0.	.00	.00	0.	72.2	703.	696.	101.	0.	40.	0.	60.
0 13	520.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	71.7	381.	377.	54.	0.	40.	0.	60.
0 14	595.0	.48	5.	0.	.00	.00	0.	71.4	203.	200.	29.	0.	40.	0.	60.

SUBESTAÇÃO COLARES														
1	ALIMENTADOR	CL-02 (Max)	ANO 2015	DEMANDA =	6299.2 KVA	FP =	.96	MPV =	1	NMAX =	4	ENGP66	VBASE =	13.8 KV
-LINHA	PONTO	AO PONTO	BITOLA DO	DISTANCIA	DIST.ACUM.	CORRENTE	PERCEN-	PERDA (KW)	PERDA (KVAR)					
0			CONDUTOR	(100M)	(100M)	TUAL DA	ADMISSIVEL	ATIVA	REATIVA					
0 1	1	2	1/OC AA	26.00	26.00	122.5		342.1	273.2					
0 2	2	3	1/OC AA	23.00	49.00	114.9		265.9	212.3					
0 3	3	4	4/OC AA	27.50	76.50	68.8		139.3	202.1					
0 4	4	5	4/OC AA	5.00	81.50	64.4		22.2	32.2					
0 5	5	6	4/OC AA	21.50	103.00	58.2		78.1	113.3					
0 6	6	7	1/OC AA	18.00	121.00	81.6		105.1	83.9					
0 7	7	8	1/OC A	24.00	145.00	74.3		111.9	78.9					
0 8	8	9	1/OC A	17.00	162.00	62.9		56.7	40.0					
0 9	9	10	2CA	8.50	170.50	67.5		28.3	13.0					
0 10	10	11	1/OC A	29.00	199.50	26.5		17.3	12.2					
0 11	11	12	1/OC AA	16.00	215.50	19.2		5.2	4.1					
0 12	12	13	1/OC AA	26.00	241.50	10.5		2.5	2.0					
0 13	13	14	2CA	22.00	263.50	7.7		.9	.4					
0														
0														
0										1175.4	1067.6			

5.4 Solução para o Carregamento das Subestações Colares e Vigia em Função dos Resultados da Previsão de Carga para seus Alimentadores.

O somatório da demanda requerida dos dois alimentadores CL-01 e CL-02 da SE Colares resulta em 8.123,3kVA para o caso da simulação do ano 2015, observa-se, portanto, um acréscimo de 35% em relação aos resultados obtidos no ano base de 2009, o qual aponta a potência de 6.000,70 kVA. Estes resultados encontram-se ilustrados na tabela 5.1.

Dado que as características da região são as mesmas, como destacado no capítulo 2, pode-se assegurar sem a necessidade de realizar o estudo de fluxo de carga, para cada alimentador da subestação Vigia, que o aumento de carga da SE Vigia será de 35% visto no ano 2015 em relação ao ano base de 2009, assim como ocorreu na SE Colares também no ano de 2015, uma vez que o índice de crescimento de carga da região é o mesmo, isto é, 5% ao ano.

A SE Vigia apresenta um carregamento máximo de 8.263,0kVA no ano base de 2009 distribuídos em seus dois transformadores de potência nominal de 5MVA-34,5-13,8kV cada um. Os alimentadores VG-01, VG-02 e VG-03 estão assim carregados respectivamente, no ano de 2009, 891,55kVA, 5.566,84 e 1.804,62 conforme informações da concessionária (REDE CELPA). Aplicando o percentual encontrado no acréscimo da demanda da SE Colares para o ano de 2015, ou seja, 35% de acréscimo, a SE Vigia apresentará um cenário de 11.155,05kVA de carregamento distribuídos entre seus três alimentadores. Estes valores estão detalhados na tabela 5.2.

Tabela 5.1 - Cenários dos alimentadores da SE Colares para os anos 2009 e 2015

POTÊNCIA EM kVA – SE COLARES		
ALIMENTADOR	2009	2015
CL-01	1.354,20	1.824,10
CL-02	4.646,50	6.299,20
TOTAL	6.000,70	8.123,30

Tabela 5.2- Cenários dos alimentadores da SE Vigia para os anos 2009 e 2015 quando aplicado o percentual de 35% de acréscimo de demanda

POTÊNCIA EM kVA – SE VIGIA		
ALIMENTADOR	2009	2015
VG-01	891,55	1.203,59
VG-02	5.566,84	7.515,23
VG-03	1.804,62	2.436,23
TOTAL	8.263,01	11.155,05

Portanto, a SE Colares no ano de 2015, estará com sua capacidade esgotada em cerca de 8.123 kVA, considerando a ventilação forçada do transformador de força. Neste caso, há a necessidade da expansão da subestação com a adição de outro transformador ou a substituição do atual de 5MVA por outro de maior potência. Por outro lado, a SE Vigia estará no ano de 2015 com 11,5% acima da sua capacidade nominal mas, se for considerado a operação na ventilação forçada dos dois transformadores de força da subestação a potência disponível da subestação será de 12.6000kVA, ou seja, terá capacidade de realizar a transformação para a demanda solicitada.

Com relação aos alimentadores das duas subestações as seguintes informações podem ser consideradas: o esgotamento dos alimentadores, tanto a nível de violação de tensão como em esgotamento da capacidade de carregamento, pode ser solucionado mediante a adoção de alguns recursos técnicos de expansão, normalmente aplicados na prática, como:

- Instalação de banco de capacitores. Primeira alternativa a ser adotada devido ao menor custo e por possibilitar a correção de valores e tensão e ainda liberar capacidade do alimentador;
- Instalação de regulador de tensão, segunda alternativa a ser adotada;
- Recondutoramento do alimentador, isto é, a substituição da bitola do cabo do alimentador por um cabo de maior bitola; e
- Construção de novos alimentadores.

Não é objetivo deste trabalho o estudo detalhado da rede de fornecimento de energia elétrica, ou seja, o planejamento da expansão de alimentadores de distribuição. O trabalho se

limita a avaliar a expansão do suprimento de energia elétrica através da alternativa de geração de energia elétrica pela incineração de resíduos sólidos. Deste modo, no próximo item será avaliada a capacidade do suprimento das subestações Vigia e Colares pela linha de subtransmissão operando em 34,5 kV.

5.5 O Estudo de Previsão de Carregamento da Linha de 34,5kV que supre as Subestações Colares e Vigia

A avaliação do suprimento de energia elétrica às subestações Vigia e Colares, através da linha de 34,5kV será realizada verificando-se, inicialmente, o seu carregamento no ano base de estudo, no caso o ano 2009, e em seguida o carregamento previsto para o ano 2015. A avaliação em ambos os casos será através do comportamento do fluxo de carga. O programa utilizado para este fluxo em 34,5kV também foi o programa EXPANSÃO, tendo em vista que o mesmo também é flexível para este nível de tensão.

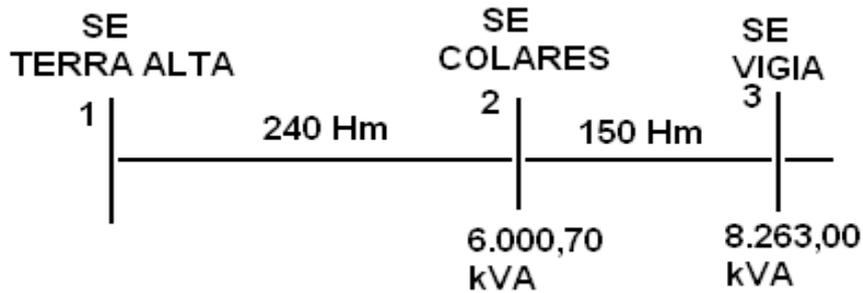
Os dados de entrada do programa para o estudo em 2009 seguem as mesmas informações adotadas para a rede de distribuição primária. Porém fixou-se o valor das demandas em kVA em cada barra referente às duas subestações:

- 6000,70 kVA e fator de demanda unitário na barra 2- Barra da subestação Colares em 2009. Valor este obtido através da leitura na subestação;
- 8263,00 kVA e fator de demanda unitário na barra 3- Barra da subestação Vigia em 2009. Valor este obtido através da leitura na subestação.

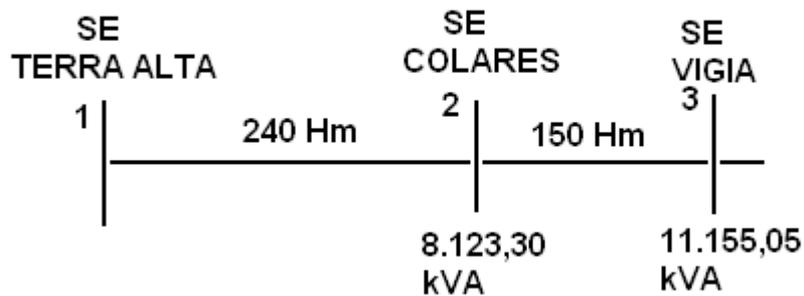
Para a determinação do fluxo de carga na linha de 34,5 kV no ano 2015 os valores das barras são:

- 8.123,30 kVA na barra da SE Colares, barra 2. Valor obtido pelo somatório dos alimentadores CL-01 e CL-02 no ano de 2015. O fator de demanda utilizado também é unitário tendo em vista que esta será a demanda a ser requerida nesse ano, conforme verificado através o fluxo de carga;
- 11.155,05 kVA na barra da SE Vigia, barra 3, conforme determinado mediante a aplicação do índice de 5% de crescimento de demanda ao ano aplicado na SE Colares no ano base de 2009. O fator de demanda adotado também foi o unitário tendo em vista que esta demanda será a realmente prevista para o ano 2015.

A figura número 5.6 mostra o diagrama de barras da linha em 34,5kV que tem origem na subestação Terra Alta e atende a subestação Colares (barra 2) e subestação Vigia (barra 3). As planilhas 9 e 10 ilustram os dados de entrada do programa de fluxo de carga da linha de 34,5kV, respectivamente, para os anos de 2009 e 2015.



(a) Diagrama de barras para o fluxo em 2009.



(b) - Diagrama de barras para o fluxo em 2015.

Figura 5.6 - Diagrama de barras da linha em 34,5kV que tem origem na subestação Terra Alta e atende a subestação Colares (barra2) e subestação Vigia (barra 3), (a)-dados de 2009 e (b) dados de 2015.

Planilha 9- Dados de entrada do programa de fluxo de carga da Linha de Subtransmissão em 34,5 kV no ano 2009.

```

SUBESTAÇÕES
ALIMENTADORES                2009    34.5
2009      0.96
DADOS DE BARRA
01      34.50      000.00  0.00 0.0    000.0  0.00 0.00      000  00.  00.  00.
02      6000.70    1.00 5.0    000.0  0.00 0.00      000  40.  00.  60.
03      8263.00    1.00 5.0    000.0  0.00 0.00      000  40.  00.  60.
99
DADOS DE LINHA
01      336,4CAA      01  02 240.00
02      336,4CAA      02  03 150.00
99
FIM DE ANO

```

Planilha10- Dados de entrada do programa de fluxo de carga da Linha de Subtransmissão em 34,5 kV no ano 2015.

```

SUBESTAÇÕES
ALIMENTADORES                2015    34.5
2015      0.96
DADOS DE BARRA
01      34.50      000.00  0.00 0.0    000.0  0.00 0.00      000  00.  00.  00.
02      8123.30    1.00 5.0    000.0  0.00 0.00      000  40.  00.  60.
03      11155.05   1.00 5.0    000.0  0.00 0.00      000  40.  00.  60.
99
DADOS DE LINHA
01      336,4CAA      01  02 240.00
02      336,4CAA      02  03 150.00
99
FIM DE ANO

```

5.5.1 Solução para os Problemas de Queda de Tensão da Linha de 34,5 Kv diante dos Resultados do Fluxo de Carga

O fluxo de carga da linha de subtransmissão em 34,5kV que tem origem na subestação Terra Alta e atende as subestações Colares e Vigia, apresenta os resultados exibidos nas planilhas 11 e 12:

Fluxo em 2009.

- Em 2009, conforme planilha número 11, os valores de tensão na chegada das subestações Colares e Vigia, estão abaixo do estabelecido pelo Prodist. A queda de tensão na barra da subestação Vigia é cerca de 12,4%, em Colares 9,2%;
- O carregamento da linha em 2009 é baixo, em torno de 50% da sua capacidade máxima de condução de corrente.

Fluxo em 2015.

- Em 2015 o fluxo de carga mostra que a queda de tensão na chegada da subestação Vigia atinge o valor de 17%;
- O carregamento continua dentro dos limites admissíveis, isto é, com 70% do carregamento máximo.

Planilha11- Dados de saída do fluxo de carga da Linha de Subtransmissão em 34,5 kV no ano 2009.

SUBESTAÇÕES															
ALIMENTADORES		ANO 2009 DEMANDA = 14026.4 KVA FP = .92 MPV = 1 NMAX = 5 ENGP66 VBASE =34.5 KV													
-PONTO	POTENCIA	FATOR	INDICE	DEMANDA	FATOR	FP	REG	NIVEL	POTENCIA	POTENCIA	POTENCIA	BANCO(KVAR)	-- CARGA--		
0	TRAFO(KVA)	DEMANDA	CRESC(%)	GCON(KW)	COINC	GCON	(%)	TENSAO(%)	ACUM.(KVA)	ACUM(KW)	ACUM(KVAR)	CAPACITOR	%P	%I	%Z
0 1	.0	.00	0.	0.	.00	.00	0.	100.0	14026.	12958.	5370.	0.	100.	0.	0.
0 2	6000.7	1.00	5.	0.	.00	.00	0.	90.8	12735.	12149.	3819.	0.	40.	0.	60.
0 3	8263.0	1.00	5.	0.	.00	.00	0.	87.6	7110.	6826.	1991.	0.	40.	0.	60.

SUBESTAÇÕES															
ALIMENTADORES		ANO 2009 DEMANDA = 14026.4 KVA FP = .92 MPV = 1 NMAX = 5 ENGP66 VBASE =34.5 KV													
-LINHA	PONTO	AO PONTO	BITOLA DO	DISTANCIA	DIST.ACUM.	CORRENTE	PERCEN-	PERDA(KW)	PERDA(KVAR)						
0			CONDUTOR	(100M)	(100M)	TUAL DA	ADMISSIVEL	ATIVA	REATIVA						
0 1	1	2	336,4CAA	240.00	240.00	52.0		809.3	1551.1						
0 2	2	3	336,4CAA	150.00	390.00	30.1		169.3	324.6						

								978.6	1875.7						

Planilha12- Dados de saída do fluxo de carga da Linha de Subtransmissão em 34,5 kV
no ano 2015.

SUBESTAÇÕES														
ANO 2015 DEMANDA = 18902.9 KVA FP = .91 MPV = 1 NMAX = 7 ENGP66 VBASE =34.5 KV														
-PONTO	POTENCIA	FATOR	INDICE	DEMANDA	FATOR	FP	REG	NIVEL	POTENCIA	POTENCIA	POTENCIA	BANCO(KVAR)	--	CARGA--
0	TRAFO(KVA)	DEMANDA	CRESC(%)	GCON(KW)	COINC	GCON	(%)	TENSAO(%)	ACUM.(KVA)	ACUM(KW)	ACUM(KVAR)	CAPACITOR	%P	%I %2
0 1	.0	.00	0.	0.	.00	.00	0.	100.0	18903.	17174.	7897.	0.	100.	0. 0.
0 2	8123.3	1.00	5.	0.	.00	.00	0.	87.3	16506.	15705.	5080.	0.	40.	0. 60.
0 3	11155.0	1.00	5.	0.	.00	.00	0.	83.0	9073.	8710.	2541.	0.	40.	0. 60.

SUBESTAÇÕES														
ANO 2015 DEMANDA = 18902.9 KVA FP = .91 MPV = 1 NMAX = 7 ENGP66 VBASE =34.5 KV														
-LINHA	PONTO	AO PONTO	BITOLA DO	DISTANCIA	DIST.ACUM.	CORRENTE	PERCEN-	PERDA(KW)	PERDA(KVAR)					
			CONDUTOR	(100M)	(100M)	TUAL DA	ADMISSIVEL	ATIVA	REATIVA					
0 1	1	2	336,4CAA	240.00	240.00	70.1		1469.8	2817.0					
0 2	2	3	336,4CAA	150.00	390.00	40.6		307.2	588.8					
								-----	-----					
								1776.9	3405.8					

Uma solução trivial para solucionar o problema do suprimento de energia das subestações Colares e Vigia, realizado pela linha de 34,5 kV, seria a adoção de ferramentas que remova a queda de tensão apresentada pelo programa de fluxo de carga. Tal solução poderia ser:

- A instalação de bancos de capacitores em ambas as subestações;
- Instalação de banco regulador de tensão;
- Construção de nova linha de subtransmissão em 34,5kV; ou
- A elevação da tensão nominal da linha para um valor superior aos 34,5kV, no caso o valor padronizado de 69kV. Esta alternativa implica na instalação de novos transformadores em ambas as subestações que tenham a relação de transformação de 69/13,8kV.

Soluções apresentadas:

a) Instalação de um banco de capacitores de 1800kVAr em cada Barra das Subestações.

Esta alternativa, mais viável em função do custo x benefício, visa a correção do nível de tensão em ambas as barras das duas subestações assim como a liberação de capacidade da linha.

b) Instalação de dois reguladores de tensão, um no trecho SE-Terra Alta/SE-Colares e outro no trecho SE-Colares/SE-Vigia.

A segunda alternativa visando solucionar o problema de queda de tensão da linha de 34,5kV considera a correção, normalmente praticada, de 10% na utilização de reguladores de tensão. A resposta, mostrada pelo fluxo de carga, para esta alternativa, vista na planilha 16, indica que é viável tecnicamente a instalação dos dois reguladores de tensão para solução do problema de queda de tensão da linha de subtransmissão em 34,5kV. Assim, esta será a alternativa a ser adotada para este caso. A planilha 15 mostra os dados de entrada do fluxo de carga indicando as instalações dos reguladores de tensão e o resultado desta instalação é apresentado na planilha 16.

Planilha 15- Dados de entrada do fluxo de carga com a indicação dos dois bancos de reguladores de tensão.

```

SUBESTAÇÕES
ALIMENTADORES                2015    34.5
2015      0.96
DADOS DE BARRA
01      34.50      000.00  0.00 0.0    000.0  0.00 0.00      000  00.  00.  00.
02      10      000.00  0.00 0.0    000.0  0.00 0.00      000  00.  00.  00.
03      8123.30  1.00 5.0    000.0  0.00 0.00      000  40.  00.  60.
04      10      000.00  0.00 0.0    000.0  0.00 0.00      000  00.  00.  00.
05      11155.05  1.00 5.0    000.0  0.00 0.00      000  40.  00.  60.
99
DADOS DE LINHA
01      336,4CAA      01  02  140.00
02      336,4CAA      02  03  100.00
03      336,4CAA      03  04  100.00
04      336,4CAA      04  05  50.00
99
FIM DE ANO

```

Planilha 16- Dados de saída do fluxo de carga com os efeitos da instalação dos dois bancos de reguladores de tensão.

SUBESTAÇÕES															
ALIMENTADORES ANO 2015 DEMANDA = 21889.6 KVA FP = .91 MPV = 1 NMAX = 5 ENGP66 VBASE =34.5 KV															
-PONTO	POTENCIA	FATOR	INDICE	DEMANDA	FATOR	FP	REG	NIVEL	POTENCIA	POTENCIA	POTENCIA	BANCO(KVAR)	-- CARGA--		
0	TRAFO(KVA)	DEMANDA	CRESC(%)	GCON(KW)	COINC	GCON (%)	TENSAO(%)	ACUM. (KVA)	ACUM(KW)	ACUM(KVAR)	CAPACITOR	%P	%I	%Z	
0 1	.0	.00	0.	0.	.00	.00	0.	100.0	21890.	19925.	9063.	0.	100.	0.	0.
0 2	.0	.00	0.	0.	.00	.00	10.	100.2	20260.	18944.	7182.	0.	100.	0.	0.
0 3	8123.3	1.00	5.	0.	.00	.00	0.	94.7	19155.	18244.	5839.	0.	40.	0.	60.
0 4	.0	.00	0.	0.	.00	.00	10.	100.6	11208.	10712.	3297.	0.	100.	0.	0.
0 5	11155.0	1.00	5.	0.	.00	.00	0.	99.2	11048.	10606.	3093.	0.	40.	0.	60.

SUBESTAÇÕES															
ALIMENTADORES ANO 2015 DEMANDA = 21889.6 KVA FP = .91 MPV = 1 NMAX = 5 ENGP66 VBASE =34.5 KV															
-LINHA	PONTO	AO PONTO	BITOLA DO	DISTANCIA	DIST.ACUM.	CORRENTE	PERCEN-	PERDA(KW)	PERDA(KVAR)						
0			CONDUTOR	(100M)	(100M)	TUAL DA	ADMISSIVEL	ATIVA	REATIVA						
0 1	1	2	336,4CAA	140.00	140.00	75.0		981.0	1880.3						
0 2	2	3	336,4CAA	100.00	240.00	75.0		700.7	1343.1						
0 3	3	4	336,4CAA	100.00	340.00	41.3		212.6	407.5						
0 4	4	5	336,4CAA	50.00	390.00	41.3		106.3	203.7						
								-----	-----						
								2000.7	3834.7						

5.6 Custos da Solução Técnica para a Expansão do Sistema da Região

Os custos com as alternativas técnicas visando solucionar o problema de queda de tensão da linha de 34,5kV e do carregamento da subestação Colares envolvem:

- Custo com a aquisição de dois reguladores de tensão para linha 34,5kV - 300A. O custo envolvido com esta ação é de R\$250.000,00 (Duzentos mil reais) cada regulador;
- A expansão da subestação Colares envolvendo a instalação de mais um transformador de 5MVA;34,5kV-13,8kV. O valor desta ampliação é em torno de R\$800.000,00 (oitocentos mil reais).

Portanto, o custo total com a alternativa técnica envolvendo a instalação de dois reguladores de tensão para solucionar o problema de queda de tensão na linha de 34,5kV e a expansão da subestação Colares com a adição de mais um transformador de 5MVA-34,5/13,8kV é de R\$ 1.300.000,00 (Um milhão e trezentos mil reais). Tais valores foram obtidos junto à concessionária CELPA (REDE CELPA, 2010).

5.7 Proposta de Solução Alternativa Técnica-Econômica e Ambiental para a Expansão do Sistema da Região

A proposta alternativa em questão envolve a implantação da usina geradora de energia elétrica através da incineração de resíduos sólidos urbanos visando a liberação de capacidade da subestação Colares e do carregamento da linha de subtransmissão de 34,5kV. Deste modo, apresenta-se a solução:

- Implantação da usina geradora de energia elétrica a resíduos sólidos, com potência instalada de 3,2MVA com o objetivo de absorver integralmente o alimentador CL-01 da subestação Colares e operar de modo ilhado, isto é, a geração será injetada no alimentador sem a contribuição da subestação Colares. No entanto, com possibilidade de manobras operativas entre os mesmos. A figura ilustra a configuração da interconexão da Usina ao alimentador CL-01, transferido da subestação Colares, para operar de modo ilhado; e
- Instalação de apenas um banco de capacitores na barra da subestação Vigia no valor de 1800kVAr para solucionar o problema da queda de tensão que ficou minimizada com a liberação da carga do alimentador CL-01 transferido para a usina a resíduos sólidos urbanos. A planilha número 17 apresenta os dados de entrada do fluxo de carga com a inserção de apenas um banco de capacitores na subestação Vigia e a planilha 18 os dados dos efeitos da instalação do banco de capacitores mostrando a solução do problema de queda de tensão na chegada da linha na subestação Vigia.

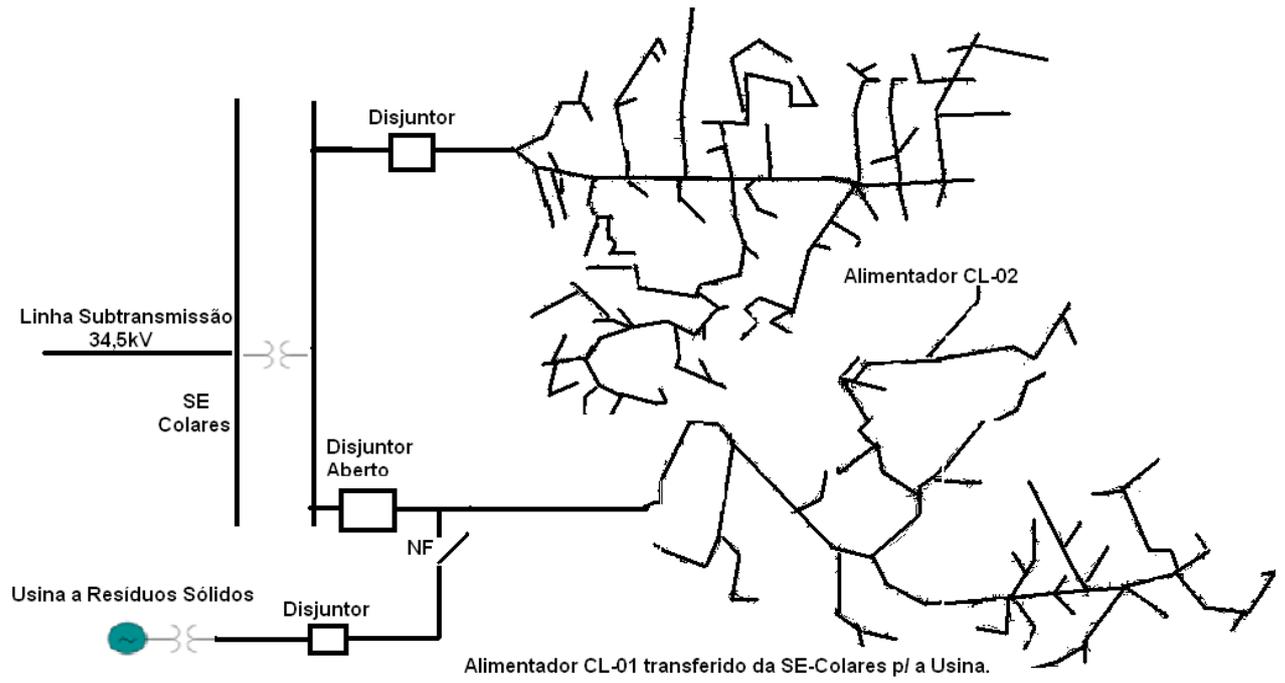


Figura 5.7 – interconexão da usina geradora de energia elétrica através de resíduos sólidos ao alimentador de distribuição, com operação ilhada.

Planilha 17- Dados de entrada do fluxo de carga com a instalação de um banco de capacitores de 1800kVAr na subestação Vigia.

```

SUBESTAÇÕES
ALIMENTADORES          2015    34.5
2015      0.96
DADOS DE BARRA
01      34.50      000.00  0.00 0.0    000.0  0.00 0.00      000  00.  00.  00.
02      6299.20    0.60 5.0    000.0  0.00 0.00      000  40.  00.  60.
03      11155.05   0.60 5.0    000.0  0.00 0.00     1800  40.  00.  60.
99
DADOS DE LINHA
01      336,4CAA    01  02 240.00
02      336,4CAA    02  03 150.00
99
FIM DE ANO
MESMA CONFIGURACAO
2009      1
FIM DE ANO
    
```

Planilha 18- Dados de saída do fluxo de carga com a instalação de um banco de capacitores de 1800kVAr na subestação Vigia.

SUBESTAÇÕES															
ALIMENTADORES ANO 2015 DEMANDA = 10048.8 KVA FP = .97 MPV = 3 NMAX = 4 ENGP66 VBASE =34.5 KV															
-PONTO	POTENCIA	FATOR	INDICE	DEMANDA	FATOR	FP	REG	NIVEL	POTENCIA	POTENCIA	POTENCIA	BANCO (KVAR)	-- CARGA--		
0	TRAFO (KVA)	DEMANDA	CRESC (%)	GCON (KW)	COINC	GCON (%)	TENSAO (%)	ACUM. (KVA)	ACUM (KW)	ACUM (KVAR)	CAPACITOR	%P	%I	%Z	
0 1	.0	.00	0.	0.	.00	.00	0.	100.0	10049.	9785.	2287.	0.	100.	0.	0.
0 2	6299.2	.60	5.	0.	.00	.00	0.	94.4	9488.	9370.	1491.	0.	40.	0.	60.
0 3	11155.0	.60	5.	0.	.00	.00	0.	92.6	5882.	5874.	303.	1543.	40.	0.	60.

SUBESTAÇÕES															
ALIMENTADORES ANO 2015 DEMANDA = 10048.8 KVA FP = .97 MPV = 3 NMAX = 4 ENGP66 VBASE =34.5 KV															
-LINHA	PONTO	AO PONTO	BITOLA DO	DISTANCIA	DIST.ACUM.	CORRENTE	PERCEN-	PERDA (KW)	PERDA (KVAR)						
0			CONDUTOR	(100M)	(100M)	TUAL DA	ADMISSIVEL	ATIVA	REATIVA						
0 1	1	2	336,4CAA	240.00	240.00	37.3		415.4	796.1						
0 2	2	3	336,4CAA	150.00	390.00	23.6		103.8	198.9						

								519.2	995.0						

5.7.1 Custos da Solução Proposta com a implantação da Usina

Conforme visto no capítulo 2 a implantação da usina geradora a resíduos sólidos pode ser concretizada por investidor(es) particular(es) visto que o empreendimento mostra atratividade econômica com retorno dos investimentos de cerca de 17,6% a partir do sexto ano.

Esta alternativa, além dos benefícios econômicos relativos a não instalação de mais um transformador na subestação colares e a instalação de dois reguladores de tensão ao longo da linha de 34,5kV, traz outros benéficos ambientais e sociais, a saber:

- **Benefícios Ambientais**

A geração de energia elétrica a partir da incineração dos resíduos sólidos, com a participação dos catadores, resolve o problema da poluição ambiental causado pela disposição inadequada do lixo. Contribui para minimizar os impactos ao meio ambiente, ocasionados por fontes não renováveis de geração de energia elétrica e ainda substitui os combustíveis fósseis;

A geração de energia elétrica através da incineração dos resíduos sólidos constitui-se num modo que pode conferir créditos de carbono, principalmente pelas emissões de metano evitadas pelo tratamento térmico da matéria orgânica que seria depositada em lixões ou aterros;

O reaproveitamento dos componentes dos resíduos sólidos, que possuem valor comercial para a reciclagem, permite minimizar a exploração dos recursos naturais;

Não gera efluentes líquidos, evitando assim, a degradação de mananciais e aquíferos;

Destrói toda matéria orgânica evitando, a formação do gás metano produzido pelos aterros e lixões.

- **Benefícios Sócio-econômicos**

A proposta remove os catadores dos lixões que trabalham em condições não dignas, sujeitos aos mais diversos tipos de doenças. Proporciona o emprego e renda utilizando mão-de-obra local pouco qualificada e qualificada relacionada ao projeto, operação, manutenção e administração do sistema de geração de energia e do consórcio público intermunicipal;

A área necessária para a implantação é muito inferior à demanda por aterros;

Os rejeitos do processo podem ser utilizados como matéria prima na fabricação de tijolos (blocos de concreto) de pisos ou material de pavimentação;

Não gera efluentes sólidos ou líquidos, evitando a proliferação de vetores causadores de doenças.

- **Benefícios para o Setor Elétrico**

O modelo proposto possibilita um acréscimo do suprimento de energia elétrica à população. Promove a confiabilidade do sistema, principalmente quando de possíveis falhas no atendimento do sistema convencional da concessionária, melhorando a qualidade da energia.

A proposta fornece alternativa para solução do problema de interligação da geração distribuída ao sistema de distribuição da concessionária sem causar impactos na qualidade da energia fornecida aos consumidores, uma vez que a usina proposta terá sua operação independente do sistema da concessionária local.

5.8 Conclusão

A proposta alternativa apresentada no item 5.7 referente à implantação de uma usina geradora de energia elétrica a partir da incineração de resíduos sólidos mostrou-se viável do ponto de vista técnico para solucionar o problema de sobrecarga da Subestação Colares. A principal vantagem desta quando comparada com a alternativa de expansão da subestação está na possibilidade de se amenizar consideravelmente os problemas ambientais causados pela produção de resíduos pela população. Com relação aos aspectos sociais a alternativa de instalação da usina geradora de energia elétrica continua sendo atrativa, pois possibilita a remoção de pessoas que trabalham em ambientes insalubres, como são os lixões.

A correção do nível de tensão na linha, em função da proposta da implantação da usina, resume-se na instalação de apenas um banco de capacitores na barra da SE-Vigia, sem a necessidade da instalação de dois reguladores de tensão, anteriormente prevista pela alternativa convencional.

CONCLUSÃO

O trabalho propôs a implantação de uma Usina de Geração de Energia Elétrica através da incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, a partir do esgotamento de um sistema elétrico de distribuição suprido por uma linha de subtransmissão em 34,5kV existente na região Nordeste do Estado do Pará, região esta utilizada para a simulação da operação da usina.

Inicialmente fez-se uma descrição dos problemas advindos com a poluição ambiental causada pelos resíduos sólidos urbanos dispostos de modo inadequado, ou seja, lançados nos lixões ou aterros. Verificou-se assim, que é de suma importância a resolução da destinação final dos resíduos, evitando desta maneira a elevação de custos financeiros com o tratamento de doenças causadas pela poluição da água, ar e do solo.

A alternativa encontrada conciliou a diminuição dos impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos urbanos pela sua utilização como fonte primária de energia para a geração de energia elétrica. O trabalho sugeriu a prática política de consórcio público intermunicipal a fim de possibilitar maior volume de resíduos coletados para a geração de energia elétrica. A proposta envolveu cinco municípios da região Nordeste do Estado do Pará: Santa Izabel do Pará, Santo Antonio do Tauá, Colares, Vigia e São Caetano de Odivelas.

Para que se tivesse maior domínio sobre a proposta de implantação da usina de geração de energia elétrica mediante a incineração de resíduos sólidos urbanos, avaliou-se o sistema elétrico existente na sua atual condição de operação e condição futura de previsão de carga até o ano 2015. Para tanto, foi utilizado o *software* computacional chamado EXPANSAO, o qual foi desenvolvido especificamente para os sistemas radiais de distribuição e subtransmissão.

Na simulação realizada verificou-se o esgotamento do sistema elétrico da região no ano 2015, com problema de queda de tensão na linha de 34,5kV que supre as subestações na região - Subestação Colares e Vigia; e ultrapassagem no carregamento máximo do transformador de 5MVA-34,5/13,8kV da SE Colares.

A adoção de alternativas técnicas praticadas habitualmente pelas concessionárias foi simulada utilizando o programa de fluxo de carga EXPANSAO, com a instalação de dois reguladores de tensão para solucionar o problema de queda de tensão na linha de 34,5kV que

atende as SE's Colares e Vigia. E a expansão da SE-Colares, com a instalação de mais um transformador de 5MVA-34,5/13,8kV.

Após tais alternativas técnicas fez-se a proposta técnica-ambiental que contempla a transferência de carga da subestação Colares, no caso a carga de todo o Alimentador CL-01, para a Usina Geradora de Energia Elétrica com capacidade de 3,4MVA a ser implantada na região que envolve os municípios Santa Izabel do Pará, Santo Antonio do Tauá, Colares, Vigia e São Caetano de Odivelas, adotando a política de consórcio público voltado à coleta de lixo urbano. Nesta alternativa removeu-se a necessidade da instalação dos dois reguladores de tensão da linha de 34,5kV, assim como a expansão da subestação Colares com a adição de mais um transformador de 5MVA-34,5kV/13,8kV.

Na proposta apresentada é previsto que a operação da usina geradora de energia elétrica a resíduos urbanos deva ser de modo ilhado (sem o paralelismo com a rede de distribuição convencional existente na região) atendendo ao suprimento do Alimentador CL-01 da SE-Colares.

O trabalho mostra que o atendimento de energia elétrica com o aproveitamento da energia contida nos resíduos sólidos urbanos, além de viável economicamente, remove impactos ambientais da região, haja vista que todos os municípios envolvidos no consórcio proposto dispõem seus resíduos em lixões, e possibilita a melhoria das condições de trabalho dos catadores que atuam nos lixões, os quais podem atuar em cooperativismo previsto na proposta com a prática da coleta seletiva dos resíduos sólidos urbanos.

PROPOSTA PARA DESENVOLVIMENTO DE TRABALHOS FUTUROS

Após o domínio sobre a questão da utilização dos resíduos em usinas para geração de energia elétrica num modelo distribuído, com possível conexão aos sistemas elétricos convencionais existentes, seja na transmissão ou na rede de distribuição, propõem-se os seguintes temas que podem ser desenvolvidos em trabalhos futuros:

- A operação de modo dinâmico da usina a resíduos sólidos urbanos interconectada no sistema elétrico convencional;
- Proposição de um sistema de gestão para o empreendimento que contemple o consórcio público, mas que possa ser gerenciado por empresas particulares de investidores;
- Avaliação econômica, social e ambiental dos fatores decorrentes do não aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos para construção da usina de geração de energia elétrica.

BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Procedimentos da Distribuição-Produt.** Disponível em <http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **Resíduos Sólidos-Classificação.**:NBR-10004/2004. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Lei Federal nº 11.107, de 6 abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11.107.htm-30k-. Acesso em fevereiro de 2009.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência: Emissões de Metano no Tratamento e na Disposição de resíduos.** Ministério da Ciência e Tecnologia, São Paulo, 2006.

CEWEP, IWSA, WTER, OGAWA, K. **Waste Power Generation Technology Trend in Japan**, Oct, 2003.

COLARES. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Colares_\(Par%C3%A1\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Colares_(Par%C3%A1))>. Acesso em: abril 2009.

CORTEZ, L.A.B.; LORA, E.E.S.; GÓMEZ, E.O. **Biomassa para Energia. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008.**

CPT – CENTRO DE PRODUÇÕES TÉCNICAS, **Gerenciamento de Limpeza Urbana.** 224. Viçosa: Folha de Viçosa, 1999. 66p.

ELETROBRÁS, Comitê de Distribuição. **Planejamento de Sistemas de Distribuição/** Centrais Elétricas Brasileiras - Rio de Janeiro: Campus: Eletrobrás, 1982. (Coleção Distribuição de Energia Elétrica; v.1)

GONEN, T. **Electric Power Distribution System Engineering**. 2nd ed. p.cm.

GOVERNO DO ESTADO DO PARÁ. **Política Estadual de Apoio ao Desenvolvimento de Consórcios Públicos no Estado do Pará**. 2008

HADDAD, J.; LORA, E. E. S. **Geração Distribuída- Aspectos Tecnológicos, Ambientais e Institucionais**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. 240p.

USINA VERDE, 2009. <http://www.usinaverde.com.br>. Acessado em 30/04/2009.

ILDONE, J. Vigia de Nazaré – Uma cidade cheia de história. Ver-o-Pará – Uma obra prima da Amazônia, Belém, ano XII, ed. 27, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **IBGE**. Estimativas das populações residentes, em 1º de julho de 2008 (PDF). Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 5 de set. 2008.

LEÃO, R., 2010. Home page: www.dee.ufc.br/~leão.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. 3^a ed. São Paulo: Hemus, 2004.

LUZ, A. L. **Planejamento de Redes de Distribuição** – Dissertação de Mestrado, PUC. Rio de Janeiro, 1992.

MANO, E. B., PACHECO, É. B. A. V.; BONELLI, C. M. C. **Meio Ambiente, Poluição e Reciclagem**. 1^a ed. Rio de Janeiro: Edgar Blücher, 2005. 182p.

MORAES, R. **Avaliação Estática da Conexão de Geração Distribuída em Sistema de Distribuição** - Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

ONS – Operador Nacional do Sistema. Disponível em <http://www.ons.org.br>. Acessado em abril 2009.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC). Mudança do Clima 2007: A Base das Ciências Físicas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Sumário para os Formuladores de Políticas. Trad. RIBEIRO, Alexandra de Ávila. Paris: 2007.

PARÁ, (Estado). Lei Estadual nº 7.088 de 18 de janeiro de 2008. Dispõe sobre normas gerais para cooperação e participação do estado do Pará em Consórcios Públicos para a prestação de obras e/ou a serviços públicos de interesse comum. Disponível em <http://www.ioepa.com.br/>. Acesso em fevereiro de 2009.

PROJETO RECICLANDO O COTIDIANO- Agenda Ambiental Universidade de Brasília- UNB. 1ª ed. Brasília, 2008.

REDE CELPA, Centrais Elétricas do Pará- DOS/PÓS Despacho Transmissão. 2010

RESOLUÇÃO CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002. **Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.** Disponível em http://www.emiatec.com.br/pdf/CONAMA_316_2002_tratamento_termico.pdf. Acessado em abril 2009.

SANTA IZABEL DO PARÁ. Disponível em: <http://images.google.com.br>. Acessado em abril 2009.

SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA, ESPORTE, LAZER E TURISMO. **Inventário da Oferta Turística de São Caetano de Odivelas.** 45f, 2008.

SECRETARIA MUNICIPAL DE CULTURA. **Inventário da Oferta Turística de Santo Antonio do Tauá**, 2008.

MAIS VIDA MENOS LIXO, SEEL-SP – SINDICATO DOS TRABALHADORES EM EDITORAS DE LIVROS, PUBLICAÇÕES CULTURAIS E CATEGORIAS AFINS DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Mais Vida Menos Lixo – Reflexões e propostas para políticas públicas de tratamento e lixo**. 2ª ed. rev. São Paulo: Defensoria da Água, jan. 2009. 52p.

TINOCO, J. M. P; PISMEL, R. J. S. **Políticas de geração de renda nos municípios de Castanhal e Santa Izabel do Pará: responsabilidade social ou assistencialismo?** 2007.116f. Monografia – Universidade Vale do Acaraú, Núcleo de Pós-Graduação, Curso de Especialização em Gestão e Responsabilidade Social, Belém.