

# Desenvolvimento do Programa Conta Verde baseado no Programa de Reciclagem Ecoelce e na Revisão da Metodologia AMS-III.AJ para Emissão de Créditos de Carbono

Sérgio Araújo de Sousa, Danielle C. Morais, Guilherme C. G. de Lima, Patrícia Simões, Paulo H. R. P. Gama, Rafael F. C. Coelho

**Resumo** – A gestão dos resíduos vem se tornando cada vez mais relevante, uma vez que os espaços para sua disposição se tornaram escassos e valorizados e o seu reaproveitamento gera dividendos e economia de energia. O presente artigo apresenta o Programa Conta Verde, cuja idealização foi baseada no ECOELCE, iniciativa da COELCE que promove a prática da reciclagem, concedendo descontos mediante a entrega de recicláveis. O objetivo do Conta Verde é incentivar os clientes a neutralizarem as emissões de carbono provenientes do seu consumo mensal de energia elétrica através da reciclagem de resíduos. A redução de emissões através da reciclagem é calculada através de uma revisão da metodologia AMS-III.AJ, utilizada em projetos de MDL para obtenção de créditos de carbono. O Conta Verde foi estruturado de forma a não demandar grandes investimentos para sua implementação, gerando benefícios para o setor elétrico, para a sociedade e para o meio ambiente.

**Palavras-chave** – Ecoelce, Gases do Efeito Estufa, Reciclagem, Redução de Emissões, Resíduos Sólidos Urbanos.

## I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do Programa Conta Verde tem como principal objetivo não só reduzir o volume de resíduos enviados aos aterros cearenses, mas também aumentar a quantidade de resíduos reciclados através das ações do ECOELCE, gerando significativa economia de energia para o setor. Além disso, visa também permitir a mensuração e a divulgação dos benefícios ambientais dessa reciclagem em termos de redução de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A redução das emissões de CO<sub>2</sub> proporcionada pela reciclagem é calculada através da revisão da metodologia

AMS-III.AJ utilizada em projetos de MDL para obtenção de créditos de carbono.

O incremento dos números do ECOELCE traz benefícios diretos à concessionária, uma vez que a prática da reciclagem proporciona economia de energia elétrica e os descontos concedidos pelo Programa reduzem a inadimplência e os furtos de energia, pois se traduzem em uma forma de geração de renda para a população de baixa renda.

Destaca-se que o projeto está em fase de execução e encontra-se registrado no Sistema de Gestão de P&D da ANEEL sob o código PD-0039-0035/2010 e título “Pesquisa e Desenvolvimento de um Programa Conta Verde composto de Modelo de Valoração de Resíduos não-orgânicos baseado no Programa de Reciclagem Ecoelce e de Desenvolvimento de Metodologia Revisada para Obtenção de Créditos de Carbono”. Financiado pela Companhia Energética do Ceará, o projeto está sendo executado pelo Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação – CGTI e pela B&G Pesquisa e Desenvolvimento em Sistemas Elétricos LTDA.

## II. GERAÇÃO E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

Segundo [8], a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil alcançou a marca de 60 milhões de toneladas, registrando um crescimento de quase 7% em comparação com o ano anterior, conforme ilustrado na figura 1.

---

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL e consta dos Anais do VII Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (VII CITENEL), realizado na cidade do Rio de Janeiro/RJ, no período de 05 a 07 de agosto de 2013.

Sérgio Araújo trabalha na Companhia Energética do Ceará (COELCE) (email: searaujo@endesabr.com.br)

Danielle C. Morais trabalha na Universidade Federal de Pernambuco (e-mail: daniellemorais@yahoo.com.br)

Guilherme C. G. de Lima, Patrícia Simões e Rafael Coelho trabalham no CGTI (e-mail: guilherme@buenomak.com.br, rafaelcoelho@buenomak.com.br, pati\_simoes@hotmail.com).

Paulo H. R. P. Gama trabalha na B&G Pesquisa e Desenvolvimento em Sistemas Elétricos LTDA (e-mail: paulogama@bgpesquisa.com.br).



Figura 1. Geração de RSU no Brasil em 2010

Registre-se que a taxa de crescimento da geração de RSU acompanhou a evolução do PIB nacional, que em 2010 apresentou alta de 7,5% em relação a 2009 [16]. No entanto, nesse mesmo período a taxa de crescimento populacional urbano no país foi de apenas 1% [16].

Tais dados comprovam a existência de um paradoxo entre o aumento da consciência ambiental da população e o consumo indiscriminado de produtos e serviços que geram impactos prejudiciais ao meio ambiente [4].

Já no que diz respeito à coleta dos resíduos, houve um crescimento de cerca de 8% de 2009 para 2010, segundo [8]. Esse percentual demonstra um discreto aumento na cobertura dos serviços de coleta de RSU no país, já que a geração dos resíduos aumentou cerca de 7% no mesmo período.

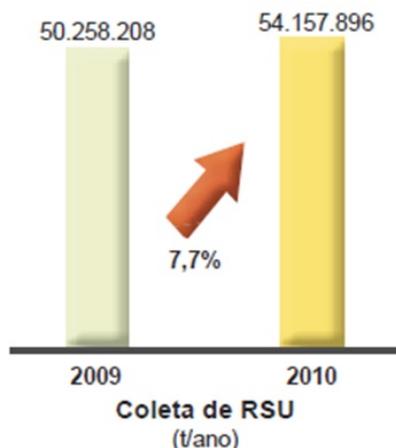


Figura 2. Coleta de RSU no Brasil em 2010

Apesar do aumento dessa cobertura, a comparação da quantidade RSU gerada versus coletada em 2010 mostra que 6,7 milhões de toneladas de RSU deixaram de ser coletados e, por consequência, tiveram destino impróprio.

Tamanha quantidade de resíduos destinada inadequadamente sinaliza o quadro de emergência instalado nas principais cidades brasileiras. Nota-se, através desses dados, que a capacidade de processamento e tratamento do lixo dos municípios já não atende de forma adequada às demandas da sociedade.

Segundo [3], a coleta seletiva e a reciclagem se constituem em umas das principais alternativas para redução desse problema, visto que tais ações reduzem o volume do lixo a ser coletado e processado pelo poder público.

Analisando a composição gravimétrica média dos RSU gerados no Brasil, percebe-se o grande impacto que a coleta seletiva e a reciclagem poderiam causar em relação à redução dos problemas causados pelo lixo nas grandes cidades. Segundo dados do [10], cerca de 30% dos RSU brasileiros são compostos por materiais recicláveis, que possuem valor econômico e poderiam ser reinseridos no processo produtivo de uma infinidade de produtos.

Os dados de [8] atestam que grande parte desses resíduos é simplesmente enterrada em aterros sanitários ou depositada em lixões a céu aberto em todo o país. Utilizando as tecnologias de reaproveitamento e tratamento de resíduos de forma integrada a sociedade pode obter resultados cada vez melhores a custos reduzidos, em termos energéticos, econômicos, sociais e ambientais.

### III. O PROGRAMA ECOELCE

No Estado do Ceará são geradas cerca de 8,7 toneladas de RSU por dia, sendo coletados aproximadamente 77% desse total. No entanto, em relação à destinação dos resíduos, apenas 44% tiveram destinação final adequada [8].

Após a realização de uma pesquisa envolvendo 184 comunidades de baixa renda situadas na Grande Fortaleza, a COELCE constatou que a maior parte do lixo ali produzido era descartada de maneira inadequada no meio ambiente. Além disso, essas comunidades possuíam em comum altos índices de inadimplência no pagamento da conta de energia elétrica, bem como registros frequentes de furtos de energia através de instalações elétricas clandestinas.

Visando o desenvolvimento de uma solução estruturada para o problema, considerando suas implicações social, ambiental e econômica, a concessionária lançou em 2007 o Programa Coelce de Desenvolvimento Social pela Energia Consumida, ou simplesmente, ECOELCE.

O programa consiste na troca de resíduos por créditos na conta de energia dos consumidores, com destinação organizada do material à indústria de reciclagem, conforme ilustrado na figura 3.



Figura 3. Operacionalização do Programa ECOELCE

O objetivo da iniciativa é organizar um programa de coleta seletiva de resíduos sólidos com valor de mercado e por meio desses, contribuir com a sua destinação adequada e propiciar a liquidez das contas de energia da população de baixa renda e a eficiência energética do sistema [2].

O ECOELCE tem atuação em todo o estado do Ceará e possui atualmente 58 postos de coleta de resíduos, sendo 11 deles no sertão central do Estado.

O funcionamento do Programa se dá através de três principais agentes que realizam funções distintas:

a) A Coelce, que tem a função de operar e gerenciar o sistema de coleta dos resíduos e administrar o crédito nas contas de energia dos participantes;

b) O posto de coleta, responsável por arrecadar, pesar e dar destinação aos resíduos; e

c) O cliente, parte fundamental do processo, que realiza a coleta seletiva, dá destinação adequada aos seus resíduos e recebe descontos na conta de energia.

Qualquer cliente da distribuidora, pessoa física ou jurídica, pode se cadastrar no projeto munido da conta de energia em qualquer loja de atendimento ou nos pontos de coleta e receber o cartão do ECOELCE, apresentado na figura 4. Com a utilização de uma máquina como as de cartão de crédito e um sistema online, os resíduos são pesados e o valor do bônus creditado automaticamente na conta do cliente.



Figura 4. Cartão Ecoelce

Segundo a COELCE, já foram cadastrados no programa quase 400 mil clientes, distribuídos em mais de 20 municípios do Estado do Ceará. Foram ainda recicladas mais de 13 mil toneladas de resíduos, sendo concedidos mais de R\$ 1,5 milhão em descontos na conta de energia elétrica [9].

A Coelce define o valor do desconto de cada resíduo por quilo, unidade ou litro e de acordo com o preço do mercado. Caso o valor da bonificação do cliente seja superior ao total de sua conta, o cliente tem sua fatura zerada e o excedente é creditado automaticamente na fatura seguinte.

#### IV. A METODOLOGIA AMS-III.AJ

A metodologia AMS-III.A.J - *Emission reductions by using recycling material instead of raw material*, utilizada para emissão de créditos de carbono em projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), trata da redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE) decorrente das atividades de recuperação e reciclagem de plásticos - PET, PEAD e PEBD - transformando-os em um

novo produto final ou em insumo para outras cadeias produtivas [14].

De acordo com a AMS-III.A.J, a reciclagem de um material permite sua reintrodução na cadeia produtiva, eliminando certas atividades que seriam necessárias para obtenção desse mesmo insumo a partir da matéria-prima virgem. Essa reintrodução do material no processo produtivo proporciona economia de energia elétrica, de combustíveis fósseis e de recursos naturais, conforme ilustra a figura 5.

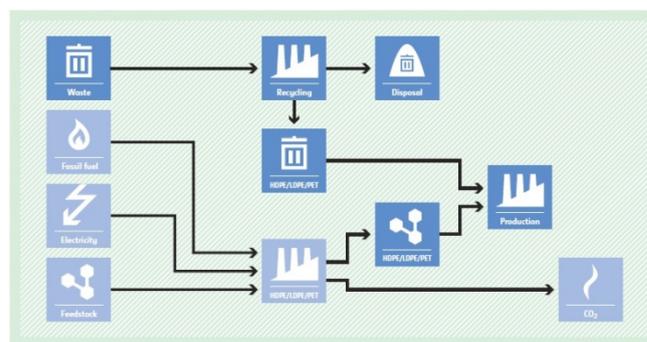


Figura 5. Economia de energia através da reciclagem

A metodologia define como devem ser calculadas as emissões de referência da produção desses materiais, também chamadas de *Baseline Emissions (BE)*, as quais devem ser comparadas com as emissões decorrentes do processo de reciclagem, também chamadas de *Project Emissions (PE)*, para contabilização dos créditos de carbono resultantes.

A redução das emissões decorrente da reciclagem desses materiais é obtida através da diferença entre as emissões da *BE* e *PE*, sendo deduzidas ainda as emissões fugitivas - aquelas que ocorrem fora do limite das atividades do projeto de reciclagem - conforme (1):

$$RE_y = BE_y - PE_y - LE_y \quad (1)$$

Onde:

$RE_y$	Redução das emissões no ano $y$ (tCO <sub>2</sub> eq)
$BE_y$	Emissões da <i>baseline</i> no ano $y$ (tCO <sub>2</sub> eq)
$PE_y$	Emissões do projeto no ano $y$ (tCO <sub>2</sub> eq)
$LE_y$	Emissões fugitivas no ano $y$ (tCO <sub>2</sub> eq)

Cabe ressaltar que as emissões associadas ao transporte do material dos pontos de coleta até as unidades recicladoras, bem como destas para a indústria são consideradas equivalentes àquelas que ocorreriam na ausência do projeto. Ou seja, caso não existisse o projeto de reciclagem, a indústria demandaria essa matéria-prima de seus fornecedores, acarretando em seu inevitável transporte até uma unidade de processamento [14].

##### A. Baseline Emissions (BE)

A *Baseline*, ou Linha de Base, busca representar de forma razoável as emissões antrópicas de GEE que ocorreriam na ausência do projeto proposto.

Segundo [5], a linha de base é o cenário esperado em relação às emissões, considerando as práticas usuais e as

opções tecnológicas e economicamente viáveis no momento da implementação do projeto.

Essa é uma premissa fundamental para o cálculo da linha de base, que deve considerar apenas o emprego das tecnologias existentes.

O propósito da linha de base é fornecer informações consistentes do que ocorreria na ausência do projeto em termos de emissões de GEEs, assim como servir de referência para se avaliar a redução das emissões proporcionada pelas atividades do projeto, como mostra a figura 6.

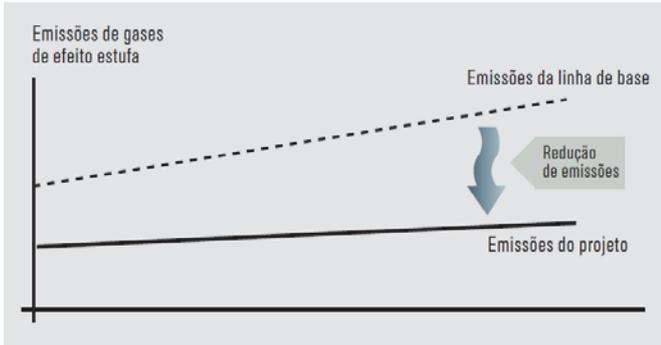


Figura 6. Emissões da Linha de Base

De acordo com a AMS.III-AJ, mesmo que a origem do material seja desconhecida, as emissões da produção desse material a partir da matéria-prima virgem são calculadas com base nas condições típicas do país onde é executado o projeto de reciclagem.

Isso quer dizer que deve ser considerado, por exemplo, o fator de emissão de CO<sub>2</sub> da energia elétrica gerada no país anfitrião do projeto, ainda que este material tenha sido produzido em outro país.

A AMS.III-AJ determina que o cálculo da linha de base deve considerar as emissões associadas ao consumo de energia elétrica e de combustíveis fósseis para produção dos materiais, conforme (2).

$$BE_y = \sum_i [Q_{i,y} * L_i * (SEC_{Bl,i} * EF_{el,y} + SFC_{Bl,i} * E_{FFF,CO_2})] \quad (2)$$

Onde:

- $BE_y$  Emissões da Linha de Base no ano  $y$  (tCO<sub>2</sub>eq/y)
- $i$  Índices para o tipo de material  $i$  ( $i = 1,2,3$  para PEAD, PEBD e PET)
- $Q_{i,y}$  Quantidade do plástico tipo  $i$  reciclado no ano  $t$  (t/y)
- $L_i$  Fator de ajuste para compensar a degradação da qualidade do material e as perdas do material no processo de produção do produto final utilizando o material reciclado
- $SEC_{Bl,i}$  Consumo específico de energia elétrica para a produção do material virgem tipo  $i$  (MWh/t)

$EF_{el,y}$  Fator de emissão do grid de geração de eletricidade, de acordo com a versão mais recente da “Ferramenta para calcular o fator de emissão de um sistema de eletricidade” (tCO<sub>2</sub>/MWh)

$SFC_{Bl,i}$  Consumo Específico de combustíveis para a produção do material virgem do tipo  $i$  (GJ/t)

$E_{FFF,CO_2}$  Fator de emissão de CO<sub>2</sub> para o combustível fóssil (tCO<sub>2</sub>/GJ)

Segundo [7], o processo de reciclagem implica em perdas de materiais que podem ocorrer durante a coleta e em atividades inerentes a esse trabalho, como a sua lavagem. Dessa forma, o rendimento não é de uma tonelada de material reciclado a cada tonelada de sucata/resíduo que entra no processo.

Por esse motivo, a metodologia sugere o uso de um fator de ajuste ( $L_i$ ) para compensar as perdas no processo de reciclagem, bem como a degradação da qualidade do material. No caso dos plásticos, a metodologia define um fator de ajuste igual a 0,75.

Ainda sobre as perdas ocorridas durante a reciclagem, a Agência Norte-Americana de Proteção ao Meio Ambiente, publicou um relatório sobre gestão de RSU e emissões de GEE no qual cita as taxas de produto reciclado para cada tonelada de sucata/resíduo que entra no processo de reciclagem, as quais são apresentadas na tabela 1 [6].

Tabela I. Fatores de Ajuste da Reciclagem dos Materiais

MATERIAL	FATOR DE AJUSTE ( $L_i$ )
ALUMÍNIO	0,93
AÇO	0,98
METAIS	0,81
VIDRO	0,88
JORNAL	0,94
PAPELÃO	0,93
PAPEL MISTO	0,71
PAPEL BRANCO	0,66

### B. Project Emissions (PE)

A metodologia AMS.III-AJ determina que devem ser considerados os consumos de energia elétrica e combustíveis fósseis utilizados no processo para se calcular as emissões da reciclagem, conforme apresentado em (3).

$$PE_y = \sum_i (EC_{i,y} * EF_{el} + FC_{i,y} * NCV_{FF} * E_{FFF,CO_2}) \quad (3)$$

Onde:

- $PE_y$  Emissões do projeto no ano  $y$  (tCO<sub>2</sub>eq/y)
- $i$  Índices para o plástico tipo  $i$  ( $i = 1,2$ )

$EC_{i,y}$	Consumo de energia elétrica da unidade de reciclagem proporcional ao plástico tipo $i$ (MWh/t) no ano $y$
$FC_{i,y}$	Consumo de combustíveis da unidade de reciclagem proporcional ao plástico tipo $i$ (unidade de massa ou volume/t) no ano $y$
$NCV_{FF}$	Poder calorífico do combustível fóssil consumido na unidade de reciclagem no ano $y$ (GJ/unidade de massa ou volume)
$EF_{FF,CO_2}$	Fator de emissão de $CO_2$ para o combustível fóssil consumido na unidade de reciclagem ( $tCO_2/GJ$ )

## V. O PROGRAMA CONTA VERDE

O projeto *Pesquisa e Desenvolvimento de um Programa Conta Verde composto de Modelo de Valoração de Resíduos não-orgânicos baseado no Programa de Reciclagem Ecoelce e de Desenvolvimento de Metodologia Revisada para Obtenção de Créditos de Carbono* apresenta como produto principal a criação e formatação do Conta Verde.

O Conta Verde tem como objetivo incentivar os clientes da COELCE a neutralizarem as emissões de  $CO_2$  decorrentes de seu consumo mensal de energia elétrica através da reciclagem de resíduos sólidos não orgânicos. O Programa proposto tem como público-alvo os clientes residenciais da distribuidora cearense e visa ser mais um estímulo à participação no ECOELCE.

Cabe salientar que nos primeiros cinco anos do ECOELCE, de 2007 a 2012, o número de clientes cadastrados superou as expectativas da empresa, alcançando resultados e marcas expressivas. Para garantir a continuidade e os números positivos do programa, faz-se necessário lançar mão de diversas estratégias para retenção dos atuais clientes e cadastramento de novos participantes.

Nesse sentido, a concessionária investe em campanhas publicitárias e na instalação de novos postos de coleta, além de firmar parcerias que viabilizem o crescimento e a continuidade do ECOELCE.

No entanto, para determinada parcela da população, o desconto oferecido na conta de energia não se configura como atrativo suficiente para garantir sua adesão ao Programa, fato potencializado pelo crescimento econômico do país e o conseqüente aumento da renda da população. Portanto, a abordagem puramente financeira pode não ser suficiente para garantir a participação popular constante.

Com o passar dos anos, nota-se certa estabilização do número de cadastrados, bem como da quantidade de resíduos coletados pelo ECOELCE, fato que pode indicar a necessidade de ampliação dos atrativos oferecidos aos clientes.

A definição de uma nova estratégia de atuação, ampliando o foco para as questões ambientais e para as mudanças climáticas pode dar novo impulso ao Programa, atraindo novos clientes, retendo os atuais e conferindo uma nova dinâmica ao ECOELCE.

Neutralizar as emissões de seu consumo de energia

elétrica mensal será, portanto, um novo atrativo para uma participação mais constante dos clientes, principalmente para aquela parcela da população cujos descontos na conta não se configuram como fator determinante para adesão ao Programa.

A Coelce, assim, inova em suas práticas socioambientais, compartilhando a responsabilidade pela redução das emissões de GEE com a sociedade, que passaria a dispor de uma nova ferramenta para exercer de forma ativa seu papel na luta contra as mudanças climáticas.

## VI. OPERACIONALIZAÇÃO DO CONTA VERDE

A primeira etapa para implantação do Programa Conta Verde será incluir na fatura do cliente a quantidade de  $CO_2$  emitida em decorrência do seu consumo mensal de energia elétrica.

Tal emissão pode ser calculada de acordo com o fator de emissão da energia elétrica gerada no Brasil, calculado e publicado mensalmente pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) em sua página na internet.

Esse fator de emissão representa a quantidade de  $CO_2$  emitida na atmosfera para cada kWh gerado no país. A redução das emissões de  $CO_2$  no SIN ocorre quando há um deslocamento da energia gerada na margem, em virtude da execução de projetos que geram energia mais limpa para o SIN ou que economizam energia do sistema, como é o caso do ECOELCE [11].

O deslocamento de eletricidade supracitado se refere à energia gerada pelas usinas do sistema que é substituída por aquela gerada pelas atividades do projeto, ou ainda, à economia da energia do sistema que é proporcionada pelas atividades do projeto [13].

Deverá ser utilizado o fator de emissão para projetos de MDL, que de acordo com o MCT, foi de 0,1988  $KgCO_2eq/kWh$  no ano de 2011 [15].

Dessa forma, o cliente que consome 100 kWh/mês está emitindo na atmosfera 19,88  $KgCO_2eq$ . Essa seria, portanto, a quantidade de  $CO_2eq$  a ser neutralizada mensalmente pelo cliente para que o mesmo se torne um “cliente verde”, para que tenha uma conta de energia elétrica “verde”.

A neutralização das emissões por parte do cliente deverá ser alcançada e contabilizada através da entrega de resíduos ao ECOELCE. A reciclagem de cada tipo de material proporciona economia de energia elétrica e combustíveis fósseis, reduzindo as emissões de GEE na atmosfera.

Tal redução pode ser calculada utilizando-se as equações definidas pela metodologia AMS-III.AJ, já apresentadas no escopo deste trabalho. Dessa forma, pode-se estabelecer um modelo de valoração ambiental da reciclagem de resíduos sólidos urbanos que estabeleça uma relação entre o tipo e a quantidade de material reciclado e a redução de emissões proporcionada por sua reciclagem, conforme ilustra a figura 7.

Como o modelo em questão propõe-se a estabelecer uma relação entre reciclagem e redução de emissões de GEE de uma forma mais generalista, e não para um projeto específico - como é o caso dos projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - tornou-se necessária uma revisão da metodologia AMS-III.AJ, a qual será detalhada na seção

seguinte.

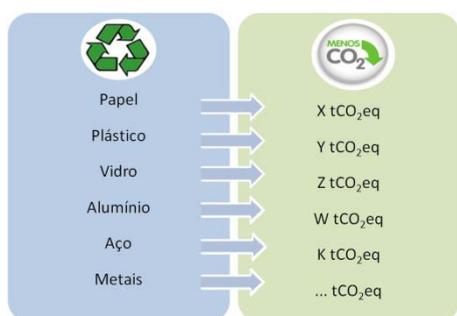


Figura 7. Modelo de Valoração Ambiental da Reciclagem de Resíduos

A sistemática de operação do Programa Conta Verde não altera as atividades atualmente realizadas pelos clientes para receber os descontos na fatura de energia, as quais são: a separação dos resíduos e a sua posterior entrega em um posto de coleta do ECOELCE.

No posto de coleta, o material é pesado e o bônus é creditado na fatura do cliente. No entanto, o extrato da operação discriminará não só o peso dos materiais e o bônus creditado, mas também as emissões evitadas de CO<sub>2</sub>eq proporcionada pela reciclagem dos resíduos entregues, conforme ilustra a figura 8.

Além disso, a fatura de energia discriminaria não só as emissões decorrentes do consumo de energia no mês, como também a quantidade de CO<sub>2</sub> neutralizada pelo cliente através das entregas de recicláveis ao ECOELCE.



Figura 8. Operacionalização Programa Conta Verde

Como apresentado na figura 9, os clientes que conseguirem neutralizar as emissões provenientes de seu consumo de energia mensal poderão ser considerados clientes “verdes”.



Figura 9. Determinação da “Conta Verde”

A distribuidora de energia avalia ainda a concessão de prêmios aos clientes que conseguirem neutralizar 100% de suas emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes do consumo mensal de energia. Outra forma de reconhecimento pode ser a impressão e entrega da fatura de energia na cor verde. Dessa forma, os clientes “verdes” seriam identificados pelos familiares, amigos e vizinhos, incentivando-os a também adotar medidas de preservação do meio ambiente, como a participação ativa no ECOELCE.

## VII. REVISÃO DA METODOLOGIA AMS-III.AJ

Conforme citado na seção anterior, o modelo de valoração ambiental da reciclagem visa retratar a redução das emissões proporcionada pela reciclagem de uma forma geral e não as emissões evitadas por um projeto específico.

Dessa forma, o termo “emissões do projeto de reciclagem” (*PE*) definido pela metodologia AMS-III.AJ é substituído pelo termo “emissões da reciclagem” (*ER*), conforme se observa em (4).

$$RE = BE - ER$$

(4)

Onde:

*RE* Redução das emissões proporcionada pela reciclagem (tCO<sub>2</sub>eq)

*BE* Emissões da baseline (tCO<sub>2</sub>eq)

*ER* Emissões da reciclagem (tCO<sub>2</sub>eq)

São consideradas como *BE* as emissões relacionadas à produção dos materiais a partir da matéria-prima virgem, enquanto a *ER* se refere às emissões decorrentes das atividades de reciclagem dos resíduos.

Outra adaptação necessária diz respeito à fórmula de cálculo das *Project Emissions (PE)*, que no modelo proposto passam a ser chamadas de Emissões da Reciclagem (*ER*). Os aspectos que necessitaram ser adaptados na (3) foram:

- Por não se tratar de um projeto específico, faz-se necessário considerar a quantidade do material reciclado (*Qi*);
- Passam a ser considerados os consumos específicos de energia elétrica (*SEC<sub>i</sub>*) e de combustíveis fósseis (*SFC<sub>i</sub>*) para reciclagem dos materiais;
- Uma vez que o cálculo dos fatores de emissão dos combustíveis fósseis já leva em consideração o poder calorífico dos mesmos, não se torna necessária a utilização desse elemento no cálculo das emissões da reciclagem.

A Equação (5) utilizada para o cálculo da *ER* é apresentada a seguir contemplando as adaptações comentadas acima.

$$ER = \sum_i Q_i * (SEC_i * EF_{el} + SFC_i * EF_{FF,CO2}) \quad (5)$$

Onde:

*ER* Emissões decorrentes da reciclagem do material *i* (tCO<sub>2</sub>eq)

$i$	Índices para o material tipo $i$ ( $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$ para PEAD, PEBD, PET, alumínio, metais, aço, vidro e papel/papelão)
$Q_i$	Quantidade do material tipo $i$ reciclado (t)
$SEC_i$	Consumo específico de energia elétrica da unidade de reciclagem proporcional ao material tipo $i$ (MWh/t)
$EF_{el}$	Fator de emissão do grid de geração de eletricidade, de acordo com a versão mais recente da “Ferramenta para calcular o fator de emissão de um sistema de eletricidade” (tCO <sub>2</sub> eq/MWh)
$SFC_i$	Consumo específico de combustíveis da unidade de reciclagem proporcional ao material tipo $i$ (unidade de massa ou volume/t)
$EF_{FF,CO_2}$	Fator de emissão de CO <sub>2</sub> para o combustível fóssil consumido na unidade de reciclagem (tCO <sub>2</sub> /GJ)

Em relação ao fator de ajuste ( $Li$ ), utilizado no cálculo da  $BE$ , como a metodologia trata apenas da reciclagem dos plásticos, deverão ser utilizados os valores já apresentados na tabela 1.

Cabe destacar ainda que o modelo não considera as emissões fugitivas, pois além de não serem significativas em projetos de reciclagem, as mesmas se referem a situações que ocorrem em projetos específicos, como vazamentos, perdas, etc.

Segundo [5], um exemplo de emissões fugitivas seriam os GEE que, nos aterros sanitários, escapam pelo encaixe das tubulações, fissuras de taludes, eixos de bombas, etc.

## VIII. BENEFÍCIOS ESPERADOS

O desenvolvimento de um programa como o Conta Verde contribui para a mitigação dos problemas relacionados aos resíduos sólidos urbanos, visto que não há solução única, medidas isoladas e nem planejamento e solução através de apenas uma ação.

A coleta seletiva de lixo e a reciclagem são alternativas energeticamente proveitosas e ecologicamente corretas, pois além de promover a eficiência energética, postergando os investimentos do setor, evitam que esses resíduos se acumulem em aterros sanitários ou lixões. Com isso, a vida útil dos aterros é prolongada e sua capacidade é mais bem aproveitada.

O incremento da quantidade de resíduos recicláveis coletados pela distribuidora através do Programa Conta Verde e do ECOELCE gera diversos benefícios para o setor elétrico, para a sociedade e para o meio ambiente. Dentre eles podem ser citados:

### **Para a Distribuidora e o Setor Elétrico**

- Melhoria da imagem institucional;
- Redução da inadimplência dos clientes.
- Promoção da eficiência energética com o processo de reciclagem;
- Incentivo ao fornecimento seguro de energia elétrica
- Redução dos furtos de energia.

### **Para o Meio Ambiente**

- Economia de energia elétrica;
- Preservação dos recursos naturais;
- Destinação adequada dos resíduos recolhidos;
- Diminuição dos impactos ambientais provocados pelos resíduos sólidos.

### **Para a Sociedade**

- Redução do descarte de resíduos sólidos nas vias urbanas;
- Possibilidade de quitar completamente as faturas de energia;
- Promoção da educação ambiental;
- Redução das doenças propiciadas pelo acúmulo de resíduos sólidos;
- Redução dos custos dos municípios para destinação e tratamento de resíduos;
- Redução do volume de lixo enviado aos aterros sanitários;
- Aumento da vida útil dos aterros;
- Melhoria na qualidade de vida da população.

O Programa Conta Verde auxilia também a solucionar uma das maiores dificuldades do ECOELCE, visto que não só motiva o cadastramento de um maior número de clientes - inclusive os das classes mais abastadas - como também ajuda na retenção dos participantes, que estariam permanentemente motivados a reciclar, buscando neutralizar suas emissões mensais de CO<sub>2</sub> e alcançar/manter o *status* de cliente verde.

O Conta Verde também auxilia no trabalho de conscientização da população acerca dos benefícios ambientais da reciclagem, uma vez que boa parte dos participantes do ECOELCE enxerga o programa apenas como uma forma de complementação da renda.

## IX. CONCLUSÕES

A criação e implementação de um programa como o Conta Verde evidencia a responsabilidade socioambiental da COELCE, ao mesmo tempo em que a empresa alinha suas ações às demandas do setor elétrico, como a eficiência energética.

A solução para os problemas ocasionados pelo lixo nos grandes centros urbanos não passa pela implementação de ações isoladas e pontuais, mas sim por uma série de ações integradas envolvendo o setor público e privado.

O programa ECOELCE é um exemplo de iniciativa criativa, que consegue alinhar os interesses da sociedade com interesses dos acionistas da empresa e do setor elétrico com um todo.

A efetiva implementação do Programa Conta Verde não demanda grandes investimentos por parte da distribuidora, que terá apenas que complementar as funcionalidades do sistema que registra o bônus dos clientes e realizar investimentos em publicidade e propaganda do novo Programa.

Faz-se necessária ainda a realização de pesquisas adicionais sobre os dados de consumo de energia e combustíveis fósseis para a produção e reciclagem dos materiais. Devido à complexidade e limitação das informações disponíveis a este respeito, [12] sugere a

realização de uma pesquisa nacional, mais profunda e abrangente, envolvendo importantes atores do setor, como o Ministério de Minas e Energia, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e as associações de fabricantes.

Tal informação se reveste de grande importância, uma vez que os programas de reciclagem vêm se tornando cada vez mais comuns no Brasil, sendo vistos como iniciativas de preservação dos recursos naturais e do meio ambiente. Além disso, segundo [1], para criação de uma política energética abrangente e uma análise apurada do sistema, deve-se examinar as demandas energéticas de cada indústria, criando o conhecimento necessário para a tomada de decisões do setor.

## X. AGRADECIMENTOS

A todos os profissionais envolvidos na coordenação do Programa de P&D da COELCE e do Programa ECOELCE, que prestaram todas as informações e colaboraram da melhor maneira possível. Em especial, aos colaboradores Nilo Rodrigues, da COELCE, e Eduardo Jucá e José Simões, da 3E Engenharia. Ao Programa de Pós-graduação em Eng. de Produção da Universidade Federal de Pernambuco/PPGEP-UFPE, que contribuiu para a formação e orientação de dissertação de um dos pesquisadores da equipe, a qual faz parte dos produtos resultantes do presente projeto de P&D.

## XI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Johnson, J.; Reck, B. K.; Wang, T.; Graedel, T.E. The energy benefit of stainless steel recycling. *Energy Policy*. n. 36, p.181–192, 2008.
- [2] Gradwohl, A, B.; Fróes, C, A.; Carvalho, T.; Arruda, O.; Cunha, V, L.; Diniz, E, A.; Assis, J, P, C, de. Programa Ecoelce de troca de resíduos por bônus na conta de energia. *Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL*, n. 3, p. 116-118, jun. 2009.
- [3] Calderoni, S. O\$ bilhões\$ perdido\$ no lixo. 4ª edição, São Paulo: Humanitas/USP, 2003.
- [4] Demajorovic, J. Sociedade de risco e responsabilidade sócio-ambiental: perspectivas para a educação corporativa. São Paulo: Editora Senac, 2003.
- [5] Seiffert, M. E. B. Mercado de carbono e o protocolo de Quioto: Oportunidades de negócio na busca da sustentabilidade. São Paulo: Atlas, 2009.
- [6] EPA. United States Environmental Protection Agency. Solid Waste Management and Greenhouse Gases: A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks. 3ª ed. 2006.
- [7] Vlachopoulos, J. An Assessment of Energy Savings Derived from Mechanical Recycling of Polyethylene Versus New Feedstock Version 3.2. World Bank, 2009.
- [8] ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010. São Paulo, 2010.
- [9] Coelce. Relatório Anual de Sustentabilidade. 2010
- [10] IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Plano Nacional de Resíduos Sólidos: diagnóstico dos resíduos urbanos, agrosilvopastoris e a questão dos catadores. Comunicados do IPEA nº 145. 2012.
- [11] Esparta, A. R. J. Redução de emissões de gases de efeito estufa no setor elétrico brasileiro: a experiência do mecanismo de desenvolvimento limpo do Protocolo de Quioto e uma visão de futuro. 2008. 111 p. Tese (Doutorado). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- [12] Lima, G. C.G de. Modelo de valoração ambiental da reciclagem de resíduos sólidos urbanos. 2012. 84f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.
- [13] UNFCCC. United Nations Framework Convention for Climate Changes. Tool to calculate the emission factor for an electricity system. United Nations, 2009.
- [14] UNFCCC. United Nations Framework Convention for Climate Changes. SSC CDM Approves Methodology AMS-III.AJ. United Nations, 2011.
- [15] MCT. Fatores de Emissão de CO<sub>2</sub> de acordo com a ferramenta metodológica : "Tool to calculate the emission factor for an electricity system, versions 1, 1.1, 2, 2.1.0 and 2.2.0" aprovada pelo Conselho Executivo do MDL. Disponível: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/333605.html#ancora>
- [16] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Em 2010, PIB Varia 7,5% e Fica em R\$ 3,675 trilhões. Brasília, 03 mar. 2011. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1830&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1830&id_pagina=1)