



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 1003251-7 A2**



(22) Data de Depósito: 18/08/2010
(43) Data da Publicação: 02/05/2012
(RPI 2156)

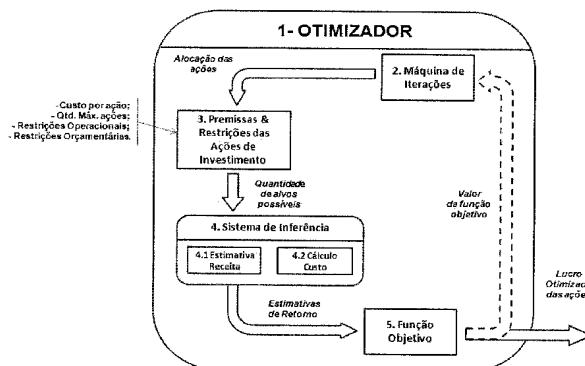
(51) *Int.Cl.:*
G06Q 50/00
G01R 11/24

(54) Título: MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE E LUCRATIVIDADE DE AÇÕES DE COMBATE ÀS PERDAS DE FATURAMENTO DE EMPRESAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

(73) Titular(es): Light Serviços de Eletricidade S/A.

(72) Inventor(es): Denis Maciel Maia

(57) Resumo: MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE E LUCRATIVIDADE DE AÇÕES DE COMBATE ÀS PERDAS DE FATURAMENTO DE EMPRESAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Uma metodologia inteligente para otimização de investimentos em novas tecnologias para redução de perdas de receita por furto de energia elétrica com o objetivo de maximizar o lucro obtido com uma ou mais ações de investimento, num dado período de tempo e mediante todas as restrições existentes. A metodologia da presente invenção propõe o mapeamento dos custos das ações de investimento e o uso de técnicas de mineração nos dados históricos para estimar o retorno das mesmas no cenário considerado. Essa estimativa é um grande subproduto da metodologia e permite uma análise da sensibilidade das diferentes regiões do espaço atuado a cada ação de investimento.



MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE E LUCRATIVIDADE DE AÇÕES DE COMBATE ÀS PERDAS DE FATURAMENTO DE EMPRESAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção se refere em geral a sistemas inteligentes para controle de
5 receita em concessionárias de energia elétrica e, em particular, a um método de
avaliação da viabilidade e lucratividade de cada uma das ações de combate às perdas no
faturamento das empresas de distribuição de energia elétrica (provocadas por fraudes ou
mesmo por outros fatores). O método da presente invenção se refere à maximização do
10 retorno econômico total do investimento através de uma combinação ótima de ações
englobando toda a rede de distribuição. Dentre essas ações possíveis, existe uma que
consiste na instalação de novos medidores (com telemetria), que permitirão novas formas
de avaliação do consumo das unidades consumidoras.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

A utilização dos conceitos, técnicas e equipamentos para a implementação dos
15 Smart Grids é cada vez mais frequente por parte das distribuidoras de energia elétrica.
No entanto, não se conhece ainda no estado da técnica um processo ou método ótimo de
direcionamento das ações de instalação desses equipamentos.

No estado da técnica há vários documentos de patente dirigidos a dispositivos
eletrônicos para medição de consumo de energia elétrica.

20 O documento PI 0606062-5, depositado em 28/03/2006, publicado em
22/01/2008, intitulado "SISTEMA INTEGRADO DE VISUALIZAÇÃO, FISCALIZAÇÃO E
CONTROLE DE ENERGIA MONOFÁSICA, BIFÁSICA OU TRIFÁSICA, COM
UTILIZAÇÃO DE MEDIDOR ELETRÔNICO "KD", revela um sistema integrado de
visualização, fiscalização e controle de energia monofásica, bifásica ou trifásica, com
25 utilização de medidor eletrônico "KD", constituído por um conjunto de dispositivos que, de
forma integrada, monitora o consumo, detecta uso clandestino e permite o corte ou
religação da eletricidade de forma remota, sem afetar, através do sistema de visualização
direta aplicado, o sistema e a forma convencionais de medição de consumo. O sistema
integrado de leitura e transmissão de dados diretamente de aparelhos de registro de
30 consumo de energia elétrica e de água, individualmente do consumidor e diretamente
para as empresas concessionárias dos respectivos serviços públicos é um sistema capaz
de possibilitar às empresas concessionárias de produção e de distribuição de serviços de
energia elétrica e de água, conhecerem, em tempo real e com total margem de
segurança, os dados referentes ao consumo desses bens públicos, diretamente em suas
35 sedes ou local de apuração e coleta de dados registrados em relógios específicos, sem a

necessidade de manterem pessoas para fazerem esses serviços, de porta-em-porta. A partir do conhecimento real dos dados será possível o monitoramento de consumo; a detecção de uso clandestino, possibilitando, ainda, o corte ou a religação do consumo de forma remota.

5 O documento PI 9202095-0, depositado em 01/06/1992, publicado em 01/03/1994, intitulado "SISTEMA E PROCESSO PARA MEDIÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA REFERENTE A UMA PLURALIDADE DE CONSUMIDORES", revela um sistema e processo para medição, registro, leitura e faturamento centralizados do consumo de energia elétrica referente a uma pluralidade de consumidores (14 a 17)
10 que recebem a energia elétrica através de uma pluralidade de respectivos cabos de ligação de consumidor (18 a 21) conectados a um cabo principal de entrada de energia elétrica (12) que, por sua vez, é ligado à rede de distribuição de energia elétrica (11). O sistema objeto desta invenção compreende basicamente um sensor de tensão (27); uma pluralidade de módulos transdutores de energia (MTE-28 a 31), cada um conectado a um
15 respectivo cabo de ligação de consumidor (18 a 21) e incluindo um sensor de corrente (34) ligado a um circuito transdutor de energia (35) conectado ao dito sensor de tensão (27) e capaz de gerar em sua saída sinais correspondentes a corrente e tensão presentes no respectivo cabo de ligação de consumidor (18 a 21); e um módulo registrador/concentrador (MRC-26) dotado de memória e conectado às saídas dos vários
20 circuitos transdutores de energia (35), sendo capaz de processar os ditos sinais correspondentes a corrente e tensão para sua transmissão ou exibição visual. O processo objeto desta invenção compreende basicamente as etapas de medição da corrente e da tensão presentes em cada cabo de ligação de consumidor (18 a 21); geração de sinais correspondentes a tais correntes e tensão; e envio destes sinais para
25 um módulo registrador/concentrador (MRC-26) dotado de memória e capaz de processar os ditos sinais correspondentes a tensão e corrente para sua transmissão ou exibição visual.

O documento US 2006/0161310, depositado em 31/07/2003, publicado em 20 de julho de 2006, intitulado "ENERGY CONSUMPTION MONITORING" revela um sistema
30 para analisar o uso de energia em uma rede, tal como uma rede elétrica (4), que inclui uma série de fontes de energia (1, 2, 3) e um número de consumidores de energia (6, 7, 8, 10, 11, 12) do sistema, incluindo uma pluralidade de medidores (5,9) na rede que monitoram o uso de energia na rede em intervalos ao longo de um dia, os medidores fornecendo dados para os aparelhos de processamento de dados (16, 17), que agregam
35 os dados de modo a proporcionar uma indicação do consumo atual de energia total, e que armazena dados de forma a permitir a recuperação histórica do uso de energia em

intervalos pré-determinados, em dias do ano, onde o aparelho de processamento de dados ainda compara consumo atual de energia total para um determinado ponto ou período de tempo no ano, com o uso de energia total média histórica para esse ponto ou período de tempo, e gera um índice que indica a diferença entre o consumo de energia

5 média histórica e o uso atual da energia total. Um período de tempo é tomado para que os dados sejam recebidos de todos os medidores (5, 9), e uma vez que os dados são recebidos de todos os medidores e agregados, os totais agregados posteriormente são calculados em intervalos substancialmente menores do que o período de tempo usando os últimos dados recebidos de todos os medidores. O índice pode ser usado para reduzir

10 os efeitos financeiros dos desequilíbrios em uma rede em que os revendedores contratam o fornecimento de energia proveniente de produtores de energia. Nesse arranjo, o erro de demanda do próprio revendedor é calculado usando o índice comumente aplicável pelos produtores e revendedores, para dar uma indicação do grau de desequilíbrio no mercado. Os instrumentos financeiros derivados podem ser utilizados

15 para cobrir as conseqüências financeiras dos desequilíbrios.

Assim, há vários sistemas eletrônicos para medir/monitorar o consumo de energia elétrica disponíveis no estado da técnica, porém, não há no estado da técnica nenhuma metodologia que proporcione às concessionárias de energia elétrica uma maneira de direcionar de maneira ótima a instalação desses sistemas eletrônicos para

20 medir/monitorar o consumo de energia.

A metodologia proposta na presente invenção permite que as concessionárias de energia elétrica maximizem o retorno do investimento feito por elas na substituição de medidores convencionais por medidores eletrônicos em comparação com outras ações de combate às perdas de receita por desvio de energia.

25 Essa prática é inédita dentre as distribuidoras de energia elétrica.

OBJETO DA INVENÇÃO

É um objetivo de a presente invenção apresentar um método inteligente para otimização de investimentos em novas tecnologias para redução de perdas de receita por furto de energia elétrica.

30 O objetivo principal da metodologia apresentada na presente invenção é maximizar o lucro obtido com uma ou mais ações de investimento, num dado período de tempo e mediante todas as restrições existentes. A metodologia da presente invenção propõe o mapeamento dos custos das ações de investimento e o uso de técnicas de mineração nos dados históricos para estimar o retorno das mesmas no cenário

35 considerado. Essa estimativa é um grande subproduto da metodologia e permite uma análise da sensibilidade das diferentes regiões do espaço atuado a cada ação de

investimento.

O objetivo da presente invenção é atingido por meio de um método que compreende uma **Etapa 1**, com otimizador de ações de investimento que é a entidade principal do processo de otimização de ações de investimento. Ele é formado por outras entidades: as premissas e restrições do modelo da otimização, o sistema de inferência, a máquina de iterações e a função objetivo. Uma **Etapa 2** com máquina de iterações que é o algoritmo que vai percorrer todos os elementos (*por exemplo, transformadores de energia, alimentadores e etc.*) com o objetivo de encontrar alocação ótima de ações de cada tipo onde o retorno total das ações é seja o maior possível. Uma **Etapa 3** que compreende as premissas e restrições: O modelo é formulado com base em premissas que observam características do comportamento geral de ações de investimento. Uma **Etapa 4** em que o sistema de inferência é composto por técnicas de interpolação de dados que visam inferir custos e receitas de clientes alvos de futuras ações operacionais de investimentos, a partir de dados históricos de custos e receitas de clientes que já sofreram os mesmos tipos de ações operacionais de investimentos. Uma **Etapa 5** que compreende a função objetivo pode ser dividida em dois conceitos: a função de consolidação final das funções de retorno de todos os elementos que pode ser, por exemplo: lucro total = receita total – custo total; e o objetivo inicial da otimização que pode ser, por exemplo: buscar maximizar o lucro total das ações operacionais de investimento.

No contexto da área de atuação da REN (área de recuperação de energia das distribuidoras de energia), as ações de investimento em combate às perdas têm uma importância estratégica muito grande, principalmente pelos elevados índices dos indicadores de furto de energia, registrados pelas concessionárias.

O objetivo inicial da metodologia apresentada nessa invenção é maximizar o lucro total obtido pela decisão de escolha quantitativa e qualitativa de alvos para execução de um ou mais tipos ações de investimento, num dado período de tempo e respeitando todas as restrições existentes. A metodologia propõe o mapeamento dos custos das ações de investimento e o uso de técnicas de mineração nos dados históricos para estimar o retorno das mesmas no cenário considerado. Essa estimativa é um grande subproduto da metodologia e permite uma análise da sensibilidade das diferentes regiões do espaço atuado a cada ação de investimento.

Como qualquer técnica de estimação, a metodologia da presente invenção apresenta uma incerteza associada vinculada ao fato de que o sistema atuado pode não responder exatamente como no passado. Essa é uma parte importante do estudo desenvolvido e para que se tenha confiança na estimativa apresentada à metodologia

propõe uma série de testes da relevância estatística e posterior tratamento dos dados utilizados.

5 Ao final do processo, obtém-se uma configuração de ações operacionais de investimentos que maximizam o lucro, não apenas aumentando receita, mas muitas vezes redirecionando melhor um volume menor de ações operacionais de investimento, reduzindo diretamente ou indiretamente os custos.

10 Entretanto, esse retorno estimado das ações operacionais de investimento varia bastante nas diferentes regiões da área de concessão da respectiva concessionária e inclusive dentro de uma mesma região considerando-se diferentes perfis de clientes e tipos de instalação existentes.

Essas nuances são muito sutis para identificação das regras de negócio especializadas que possam responder de maneira ótima três questionamentos básicos do problema de alocação de ações operacionais de investimento:

Qual ação executar?

15 Onde executar tal ação

Quanto dessa ação devo executar?

20 Essas perguntas devem ser respondidas visando o máximo retorno total das ações operacionais de investimentos. Sendo assim, expande-se o fluxograma anteriormente mostrado da **Figura 1** para o fluxograma da **Figura 2**, exibindo as duas partes que compõem o bloco do Sistema de Inferência e os detalhes do bloco de Premissas e Restrições. Esses dois blocos adicionais são detalhados também na sessão reivindicações, pois têm seus conceitos totalmente vinculados às ações de investimento.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

25 A **Fig. 1** é um fluxograma de dados do otimizador empregado no método da presente invenção.

A **Fig. 2** é um fluxograma de dados do otimizador expandido empregado no método da presente invenção.

A **Fig. 3** é um gráfico exemplificando o método do gradiente da máquina de iteração.

30 A **Fig. 4** é um gráfico representativo da técnica de interpolação por faixas.

A **Fig. 5** é um gráfico representativo da função de retorno de uma ação corretiva.

A **Fig. 6** é um gráfico ilustrando o período de análise das ações na função objetivo.

BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

35 O foco de desenvolvimento dessa metodologia é uma área específica da distribuição de energia elétrica conhecida como recuperação de energia (ou REN) que

trata da redução e recuperação das perdas vinculadas ao furto de energia das redes de distribuição.

Um dos maiores problemas enfrentados na área de recuperação de energia atualmente é a alocação de recursos na priorização das ações operacionais de investimento ao combate a fraude de energia.

Por definição, ações operacionais de investimento são quaisquer decisões de escolha de execução de ações operacionais em um dado negócio que, ao serem executadas, geram receita em retorno a um custo ou esforço associado.

A metodologia de planejamento e otimização de recursos operacionais de investimento proposta nessa invenção, pode ser estendida a outras áreas do mesmo setor como: na redução e tratamento das interrupções no fornecimento de energia e da inadimplência, assim como em outros setores da economia.

A presente invenção será discutida agora com referência aos desenhos em anexo sem, contudo, limitar a mesma ao que é descrito a seguir e ilustrado nos desenhos. O fluxo de dados básico da metodologia proposta é exibido na **Figura 1**, cuja descrição é feita a seguir e pleiteada em detalhes na seção reivindicações.

Etapa 1- O otimizador de ações de investimento é a entidade principal do processo de otimização de ações de investimento. Ele é formado por outras entidades: as premissas e restrições do modelo da otimização, o sistema de inferência, a máquina de iterações e a função objetivo.

Etapa 2- A máquina de iterações é o algoritmo que vai percorrer todos os elementos (*Ex: transformadores de energia, alimentadores e etc.*) com o objetivo de encontrar alocação ótima de ações de cada tipo onde o retorno total das ações é seja o maior possível.

Etapa 3- As premissas e restrições: O modelo é formulado com base em premissas que observam características do comportamento geral de ações de investimento. Fazendo considerações quanto à composição e eficácia das funções de retorno das mesmas. As restrições das ações operacionais de investimento são formadas por equações matemáticas que limitam, quantitativamente (ex: restrições globais) ou qualitativamente (ex: restrições locais), a escolha da execução das ações de investimento. Devido a questões processuais de operacionalização das ações.

Etapa 4- O sistema de inferência é composto por técnicas de interpolação de dados que visam inferir custos e receitas de clientes alvos de futuras ações operacionais de investimentos, a partir de dados históricos de custos e receitas de clientes que já sofreram os mesmos tipos de ações operacionais de investimentos.

Etapa 5- A função objetivo pode ser dividida em dois conceitos: a função de

consolidação final das funções de retorno de todos os elementos que pode ser, por exemplo: lucro total = receita total – custo total; e o objetivo inicial da otimização que pode ser, por exemplo: buscar maximizar o lucro total das ações operacionais de investimento.

5 No contexto da área de atuação da REN (área de recuperação de energia das distribuidoras de energia), as ações de investimento em combate às perdas têm uma importância estratégica muito grande, principalmente pelos elevados índices dos indicadores de furto de energia, registrados pelas concessionárias.

10 O objetivo inicial da metodologia apresentada nessa invenção é maximizar o lucro total obtido pela decisão de escolha quantitativa e qualitativa de alvos para execução de um ou mais tipos ações de investimento, num dado período de tempo e respeitando todas as restrições existentes. A metodologia propõe o mapeamento dos custos das ações de investimento e o uso de técnicas de mineração nos dados históricos para estimar o retorno das mesmas no cenário considerado. Essa estimativa é um grande
15 subproduto da metodologia e permite uma análise da sensibilidade das diferentes regiões do espaço atuado a cada ação de investimento.

20 Como qualquer técnica de estimação, a metodologia da presente invenção apresenta uma incerteza associada vinculada ao fato de que o sistema atuado pode não responder exatamente como no passado. Essa é uma parte importante do estudo desenvolvido e para que se tenha confiança na estimativa apresentada à metodologia propõe uma série de testes da relevância estatística e posterior tratamento dos dados utilizados.

25 Ao final do processo, obtém-se uma configuração de ações operacionais de investimentos que maximizam o lucro, não apenas aumentando receita, mas muitas vezes redirecionando melhor um volume menor de ações operacionais de investimento, reduzindo diretamente ou indiretamente os custos.

30 Entretanto, esse retorno estimado das ações operacionais de investimento varia bastante nas diferentes regiões da área de concessão da respectiva concessionária e inclusive dentro de uma mesma região considerando-se diferentes perfis de clientes e tipos de instalação existentes.

Essas nuances são muito sutis para identificação das regras de negócio especializadas que possam responder de maneira ótima três questionamentos básicos do problema de alocação de ações operacionais de investimento:

Qual ação executar?

35 Onde executar tal ação

Quanto dessa ação devo executar?

Essas perguntas devem ser respondidas visando o máximo retorno total das ações operacionais de investimentos. Sendo assim, expande-se o fluxograma anteriormente mostrado da **Figura 1** para o fluxograma da **Figura 2**, exibindo as duas partes que compõem o bloco do Sistema de Inferência e os detalhes do bloco de

5 Premissas e Restrições. Esses dois blocos adicionais são detalhados a seguir, pois têm seus conceitos totalmente vinculados às ações de investimento.

Estimativa de Retorno

Um conceito mais relevante à estimativa de retorno é sua incerteza. Essa incerteza pode ser julgada com base na dispersão dos pontos históricos em torno da

10 função obtida pela técnica de interpolação e descrita em Sistema de Inferência. Essa dispersão determina quão bem essa função aproxima os valores históricos e, conseqüentemente, a estimativa futura de retorno das ações.

Outra grandeza que deve ser monitorada é o nível de hierarquização dos clusters (agrupamentos de clientes vinculados a um nível de elemento elétrico, sendo que esse

15 nível pode ser: transformador, alimentador, e etc.). Na falta de base histórica que permita relevância estatística em determinado nível, a estimativa é feita com base nos valores do nível hierárquico logo acima. Dessa forma, se grande parte das estimativas precisarem desse artifício, provavelmente o resultado global estimado não ficará tão próximo da realidade comprometendo a otimização.

Meta de Otimização

A “meta” da otimização é o que se deseja alcançar como resultado ao fim da simulação. Definindo a função de otimização de consolidação, como o somatório das

20 funções de retorno das ações de investimento, o objetivo (meta) será encontrar a combinação de ações nos elementos que maximizem essa soma. Uma outra simulação pode definir que as ações consideradas não possuam receita, e o que se deseja como

25 meta seja minimizar o custo total.

Quando modelado para maximizar o lucro total, o otimizador alcança seu objetivo não apenas na priorização das ações de investimento com maior receita, mas também evitando o desperdício de capital (e tempo) em ações muito custosas.

30 Essa opção por maximizar ou minimizar a função de consolidação é uma decisão do desenvolvedor da simulação e depende da estratégia de planejamento traçada para o plano orçamentário.

Análises

Uma vez que a metodologia proposta faz uma estimativa de retorno das ações

35 com base nos resultados históricos, diversas análises podem ser extraídas como subproduto do processo. Dentre as análises feitas sobre o resultado da otimização,

destacam-se a análise de sensibilidade quanto ao diversos tipos de ação de investimento, pela a variação percentual total dos diferentes tipos de ação de investimentos usando em cada simulação.

Resultado da Otimização

5 O resultado obtido pela execução da invenção proposta é a melhor alocação de ações operacionais de investimentos encontradas para os valores e funções dados como entrada do sistema. Duas ações são produto direto desse resultado: o planejamento orçamentário e o acompanhamento da execução do que foi planejado.

Planejamento Orçamentário

10 O planejamento orçamentário permite a determinação dos valores necessários para o investimento ótimo, e o dispêndio desse orçamento ao longo do período de simulação. Além disso, pode-se usar a estimativa de retorno das ações para realizar uma boa previsão do fluxo de capital ao longo do período de simulação.

Acompanhamento da execução do planejamento

15 Acompanhar a execução do que foi planejado é importante para que se possa atuar logo se algo não estiver saindo como desejado. Essa análise permitirá uma re-execução da simulação tomando os valores das ações já ocorridas num período de tempo fixo, como condições iniciais do modelo e assim fatores de correção podem ser aplicadas aos cálculos das funções de estimativa para melhorar a previsão dali em
20 diante.

Cada etapa do processo de otimização será detalhada a seguir. Sendo que sua numeração, esta relacionada à numeração das etapas do fluxograma das FIG. 1 e FIG. 2.

1- Otimizador

25 Definidos os conceitos referentes às ações de investimento, é possível detalhar a metodologia proposta para o otimizador. Seu núcleo está nos dois blocos do fluxograma da Figura 1. Como na maioria dos algoritmos de otimização, um loop se faz presente na *Máquina de Iterações* e em cada iteração diferentes possibilidades de alocação das ações são avaliadas segundo a *Função Objetivo*.

2- Máquina de Iterações

30 O conceito por trás desse bloco é a procura da solução ótima dentre as possibilidades de alocação das ações de investimentos. Essa procura é feita com base na variação (gradiente) da função objetivo (por exemplo, lucro total = receita total – custo total) com as variáveis dependentes (por exemplo, quantidade total de alvos de ações de investimento, meta de incremento de energia e etc.) e para quando o valor da função (por
35 exemplo, Lucro total) para diferentes soluções muda muito pouco ou muda de sentido (por exemplo, redução de Lucro total).

Na Figura 5 pode-se observar um exemplo de superfície que descreve graficamente como os valores de uma função ($f(x,y)$) mudam de acordo com as variáveis dependentes (x,y). O ponto ótimo é ilustrado por um "X" e como o algoritmo não conhece toda a superfície da curva a priori, o método de otimização aplicado usa o gradiente (derivada da função de retorno em cada iteração), para determinar em qual direção do espaço de soluções a próxima iteração deve seguir. Outros métodos de otimização podem utilizar outras heurísticas para chegar ao ponto "X", buscando maior velocidade de convergência.

A grande dificuldade de observar essa superfície para um caso real de otimização de ações de investimento está no grande número de variáveis associadas ao problema. A função representada na Figura 5 depende de duas variáveis reais apenas. A natureza dessas variáveis é distinta, pois, depende das restrições e premissas referentes às ações de investimento em questão.

Tomemos como exemplo às ações de investimento cujo alvo de investimentos é a ligação entre a rede de distribuição e o cliente da distribuidora de energia. A *inspeção seguida de Normalização Completa* (0) e a *blindagem de rede de baixa tensão Seguida de Instalação de SMCs (medidor eletrônico de telemedição)* (1). O otimizador deverá optar entre as duas ações para todos os transformadores, como visto na segunda coluna da Tabela 1.

Transformador	Ação escolhida	Quantidade de alvos
ZNA1	0	20%
ZNA2	1	100%
ZNA3	0	40%
ZNA4	0	5%

No caso da ação (0), o otimizador deve ainda definir quantas instalações vinculadas a cada transformador sofrerão a ação escolhida. Já a ação (1) possui uma restrição operacional que determina a instalação dos novos medidores em todas as instalações abaixo do transformador selecionado e, por isso, a terceira coluna da Tabela 1 para as ações (1) é sempre igual a 100%.

25 3- Restrições

As restrições inviabilizam soluções matematicamente possíveis do problema de alocação de ações. Elas se dividem basicamente em operacionais e orçamentárias. Uma ação pode ter uma quantidade máxima de alvos por período, pode influenciar na segmentação da base determinando que um grupo de alvos deva ser atuado coletivamente ou, ainda, ser inaplicável a alvos específicos. Dois exemplos claros dessa

restrição operacional são a limitação de que para as ações de instalação de SMCs (medidores eletrônicos de telemedição) em clientes da distribuidora de energia, todas as instalações abaixo de um transformador devem sofrer a ação, e a impossibilidade de se inspecionar instalações (clientes das distribuidoras) em áreas de risco.

5 As restrições orçamentárias são normalmente definidas no início do período da simulação e determinam os custos máximos (qtd. máxima de ações) disponíveis para cada tipo de ação de investimento durante o período do orçamento. Essas restrições poderão ser inseridas ao modelo pelo usuário em cada simulação realizada o que determinará a validade ou não de uma solução do otimizador.

10 3- Premissas

As principais premissas do modelo observam características do comportamento geral de ações de investimento fazendo considerações quanto à sua composição e eficácia das funções de retorno. Essas considerações são fundamentais para uma maior convergência entre a estimativa e os valores reais de retorno.

15 A primeira premissa é que o retorno de uma ação de investimento corretiva decai segundo uma curva de potência com o aumento da quantidade de alvos afetados por essa ação. Isso porque no processo de escolha dos alvos de ações desse tipo existe uma incerteza sobre a real necessidade de um alvo ser corrigido. Assume-se, então, que essa incerteza é diferente por agrupamentos de alvos semelhantes e aumenta com a
20 quantidade de alvos, pois o método de seleção deve conseguir escolher os melhores alvos primeiro (menor incerteza da necessidade de correção), como mostrado na Figura 5.

A segunda premissa deriva da primeira e da necessidade de se encontrar agrupamentos de alvos semelhantes. Utiliza-se uma técnica de segmentação chamada
25 clusterização. Essa técnica parte da escolha de variáveis relevantes e pertinentes a toda a base em questão (no caso os alvos de uma ação), e agrupa alvos em clusters com valores próximos dessas variáveis. Com isso, tem-se que alvos pertencentes a um mesmo cluster terão uma mesma curva de decaimento do retorno com o aumento da quantidade de alvos afetados.

30 A terceira e última premissa trata um caso particular da segunda, em que seguindo as variáveis escolhidas não se consegue agrupar os alvos suficientemente bem. Quando isso acontece os clusters devem poder ser hierarquizados de forma que, subindo um nível nessa hierarquia, os alvos possam gerar um agrupamento maior.

4- Sistema de Inferência

35 Além das premissas, uma definição importante das ações de investimento são as funções de retorno. Um ponto importante das funções de retorno é que muitas vezes elas

não são puramente analíticas.

Isto é, não se consegue dizer com certeza quanto será o retorno de uma ação de investimento apenas com base no número de alvos que se deseja atingir.

Na maioria das vezes na verdade o que se consegue é uma estimativa desse retorno e, no caso da solução aqui proposta, essa estimativa tem como fonte a base histórica das ações já realizadas. Por esse motivo esse bloco é chamado de Sistema de Inferência.

As funções calculadas dentro desse bloco devem ter resultados descritos em unidades monetárias (\$) para que possam ser agregadas coerentemente. Na maioria das vezes o retorno de uma ação é composto de parcelas positivas (receitas) e parcelas negativas (custos).

Na ação de inspeção a clientes, no caso das concessionárias de energia, os custos são bem conhecidos e, por isso, sua função pode ser descrita como uma constante multiplicada pela quantidade de alvos.

$$Custo = Custo_{m\u00e9dio} \times Qtd_{alvos}$$

No caso da receita podemos estimar as funções que a descrevem com base no resultado histórico dessas ações. Essa mineração dos dados históricos buscando um padrão de comportamento nos alvos parte da plotagem dos resultados das ações para uma dada quantidade de alvos. Esses pontos descrevem resultados reais ocorridos para tais quantidades de alvos, mas além de não cobrirem todas as possibilidades as ações realizadas no futuro podem não ter exatamente os mesmos resultados. Por exemplo:

$$Receita \cong Receita_{m\u00e9dia} \times Qtd_{alvos}$$

$$\text{Onde: } Receita_{m\u00e9dia} \sim f(Tipo_{A\u00e7\u00e3o}, Qtd_{alvos}, Resultados_{Hist\u00f3ricos})$$

Sendo assim, utiliza-se uma técnica de interpolação que encontra uma função que melhor aproxima os pontos em questão. Os pontos históricos são agrupados por faixas da quantidade de alvos e é feita uma média do valor de retorno minimizando eventuais distorções na estimativa. A Figura 4 exemplifica essa técnica com uma função linear onde com base nos dados históricos encontram-se os parâmetros A e B que identificam a função de receita média.

No entanto, as funções receita não precisam ser lineares e para melhor estimar a natureza e os parâmetros dessas funções de retorno algumas premissas e restrições das ações de investimento precisam ser mapeadas.

5- Função Objetivo

A função objetivo pode ser dividida em dois conceitos: a função de consolidação final das funções de retorno de todos os elementos; e o objetivo da otimização. A função de consolidação final das funções de retorno de todos os elementos pode ser, por

exemplo: lucro = receita - custo; e o objetivo da otimização que pode ser, por exemplo: buscar maximizar o lucro total.

5 A função de consolidação deve considerar os tipos de ação e a quantidade de alvos associados a cada elemento. Qualquer função de agregação pode ser escolhida (soma, média, e etc.), e para isso apenas deve-se garantir que os resultados das funções de retorno estejam na mesma unidade e contemplem o mesmo período de análise para os diferentes tipos de ações.

10 Como exemplos utilizam-se as mesmas ações (0) e (1) definidas em Máquina de Iterações. As funções de receita de ambas podem contemplar o conceito de Energia Incorporada, que representa o aumento de consumo mensal das instalações após a ação. Ao comparar as duas ações através desse indicador, o cálculo da Energia Incorporada para (0) e para (1) deve analisar o mesmo número de meses de consumo após a ação, como ilustrado na Figura 6.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de avaliação de viabilidade e lucratividade de ações de combate às perdas de faturamento de empresas de distribuição de energia elétrica, caracterizado pelo fato de que compreende:

- 5 uma etapa 1 tendo um otimizador de ações de investimento;
 uma etapa 2 tendo uma máquina de iterações;
 uma etapa 3 composta de premissas e restrições;
 uma etapa 4 tendo um sistema de inferência; e
 uma etapa 5 que uma é função objetivo dividida em dois conceitos.

10 2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o otimizador é a entidade principal do processo de otimização de ações de investimento e é formado por outras entidades: as premissas e restrições do modelo da otimização, o sistema de inferência, a máquina de iterações e a função objetivo.

15 3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a máquina de iterações é o algoritmo que vai percorrer todos os elementos (*por exemplo, transformadores de energia, alimentadores e etc.*) com o objetivo de encontrar alocação ótima de ações de cada tipo onde o retorno total das ações é seja o maior possível.

20 4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o modelo é formulado com base em premissas que observam características do comportamento geral de ações de investimento e fazem considerações quanto à composição e eficácia das funções de retorno das mesmas.

25 5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de as restrições das ações operacionais de investimento são formadas por equações matemáticas que limitam, quantitativamente (por exemplo, restrições globais) ou qualitativamente (por exemplo, restrições locais), a escolha da execução das ações de investimento.

30 6. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o sistema de inferência é composto por técnicas de interpolação de dados que visam inferir custos e receitas de clientes alvos de futuras ações operacionais de investimentos, a partir de dados históricos de custos e receitas de clientes que já sofreram os mesmos tipos de ações operacionais de investimentos.

35 7. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a função objetivo compreende uma função de consolidação final das funções de retorno de todos os elementos que pode ser, por exemplo, lucro total = receita total – custo total; e uma função de objetivo inicial da otimização que pode ser, por exemplo, buscar maximizar o lucro total das ações operacionais de investimento.

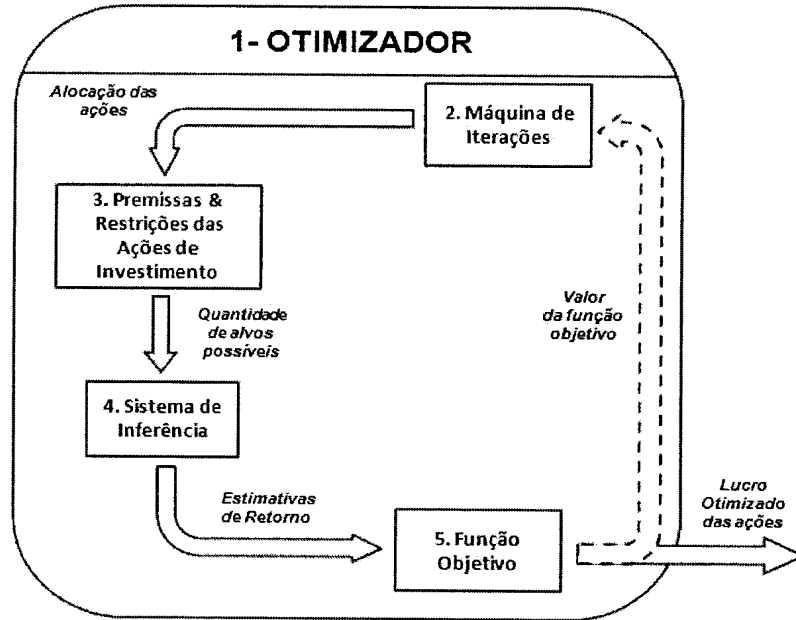


FIG. 1

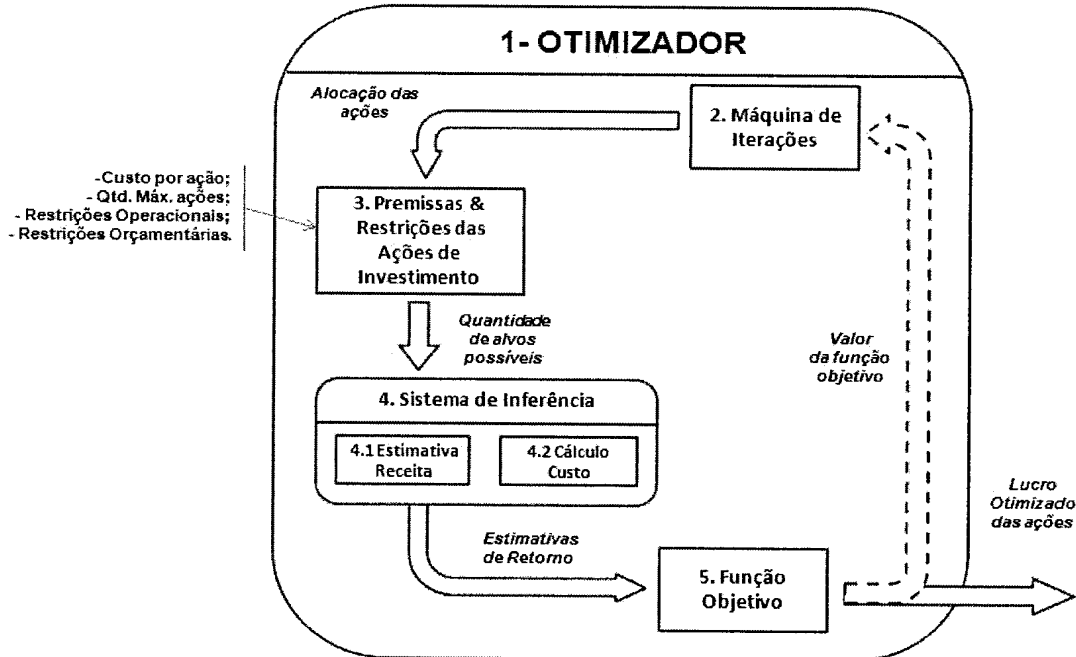


FIG. 2

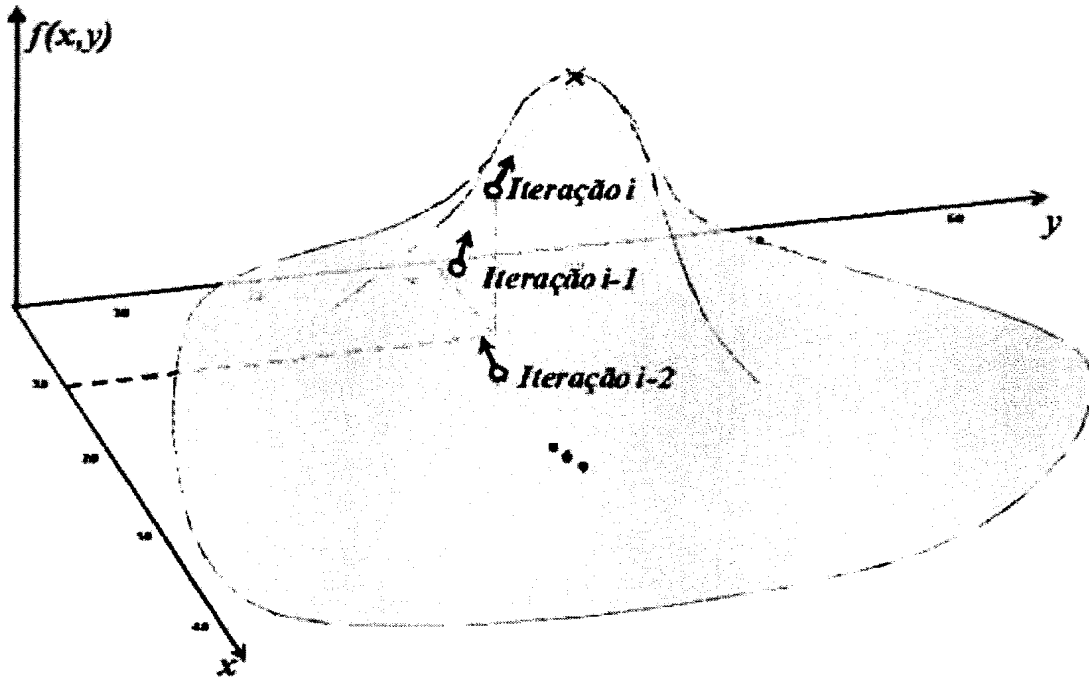


FIG. 3

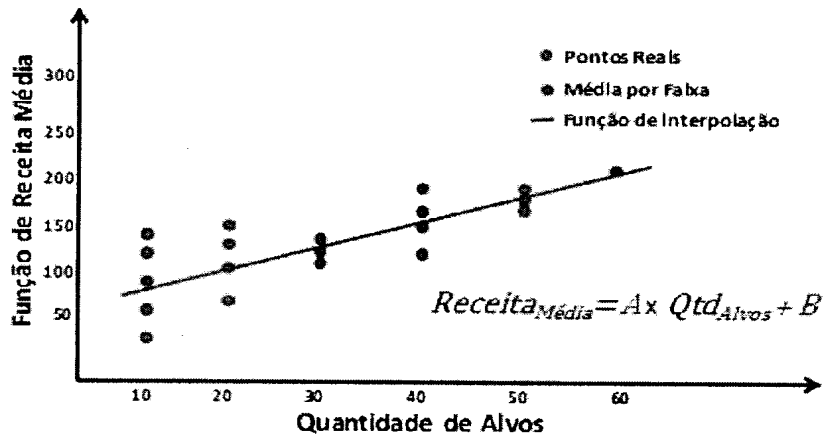


FIG. 4

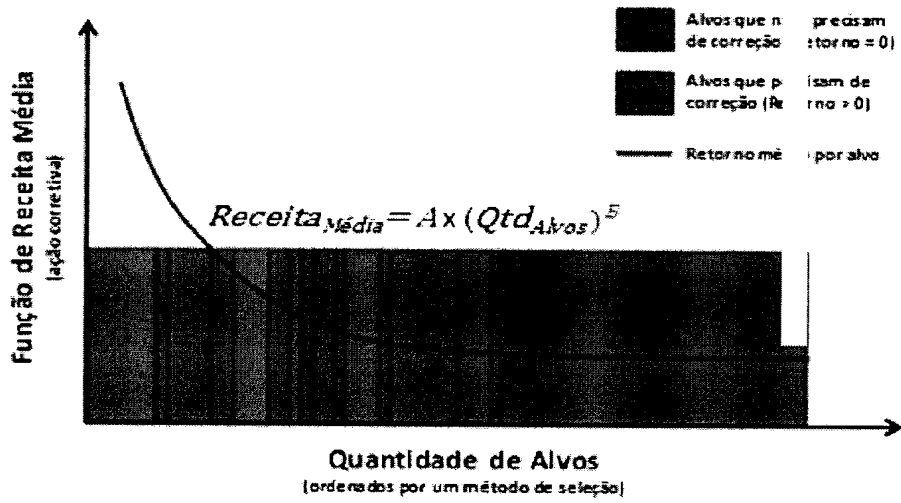


FIG. 5

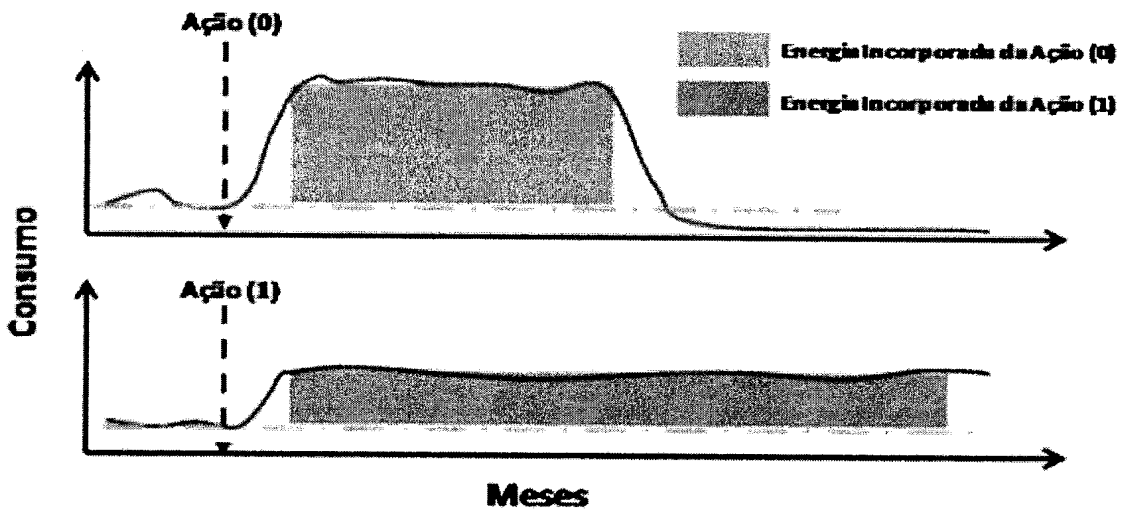


FIG. 6

RESUMO**MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE E LUCRATIVIDADE DE AÇÕES DE COMBATE ÀS PERDAS DE FATURAMENTO DE EMPRESAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

5 Uma metodologia inteligente para otimização de investimentos em novas tecnologias para redução de perdas de receita por furto de energia elétrica com o objetivo de maximizar o lucro obtido com uma ou mais ações de investimento, num dado período de tempo e mediante todas as restrições existentes. A metodologia da presente invenção propõe o mapeamento dos custos das ações de investimento e o uso de técnicas de mineração nos dados históricos para estimar o retorno das mesmas no cenário considerado. Essa estimativa é um grande subproduto da metodologia e permite uma análise da sensibilidade das diferentes regiões do espaço atuado a cada ação de investimento.