

PROTÓTIPO DE SOFTWARE PARA AUXÍLIO NA TOMADA DE DECISÃO SOBRE A EXPANSÃO E ADENSAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE GÁS NATURAL

Vanessa Meloni Massara¹, Murilo Tadeu Werneck Fagá², Miguel Edgar Morales Udaeta³

^{1,2,3} Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás – PRH-04/ANP/MCT
Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia PIPGE-IEE/USP
Avenida Luciano Gualberto, 1289 Cidade Universitária
São Paulo- SP- Cep 05508-900
E-mail: vmassara@iee.usp.br; udaeta@pea.usp.br; murfaga@iee.usp.br

O artigo apresenta o protótipo de um sistema computacional direcionado para a análise de expansão da rede de distribuição do gás natural, baseado em três vertentes de atuação: o adensamento da rede já existente, a implantação da rede em locais que ainda não possuem o serviço e o retorno estimado em função de estimativas de consumo e faixas tarifárias, permitindo sua utilização em qualquer cidade brasileira, a fim de apontar as possibilidades do gás natural como opção de energia final nos usos urbanos, além de apresentar diretrizes para os Planos Diretores das cidades, visando a incorporação sustentável dessa infra-estrutura. O trabalho demonstra a modelagem dos parâmetros envolvidos, bem como a funcionalidade de sua arquitetura sistêmica através da demonstração das telas para o usuário e do diagrama de blocos simplificado. A metodologia integra a compreensão da dinâmica urbana às estratégias de ampliação da rede de distribuição de gás, através do agrupamento de informações em quatro sistemas: indicadores de atendimento por outras infra-estruturas, projeção de consumo de gás natural, custo da implantação dos dutos e também indicativos de planos diretores visando o incremento da demanda por GN em distritos periféricos. Relacionando o consumo estimado a parâmetros relacionados ao desenvolvimento urbano atual e futuro das áreas em estudo, a metodologia permite indicar para cada bairro, a viabilidade de implantação da infra-estrutura de distribuição de gás. Pretende-se assim, propor a integração entre o perfil das cidades e a utilização do gás natural, com uma aplicação específica para a questão do mercado paulista. Como conclusão, o uso do software fornece o ranking dos bairros passíveis de expansão ou adensamento da rede de gás natural, verificando a coerência da modelagem proposta baseada na análise conjunta de parâmetros relacionados a estimativas de demanda, custo da obra civil e no desenvolvimento das cidades, através de teste para os distritos da zona norte da cidade de São Paulo.

Gás Natural; Demanda; Dinâmica Urbana

1. INTRODUÇÃO

Segundo levantamento de MASSARA (2002), os fatores que interferem na implantação de infra-estruturas urbanas são vários, desde as possibilidades de consumo pela renda familiar e sofisticação de usos do solo até os custos oriundos das distâncias a servir, bem como, as diferentes concentrações de prédios, indústrias, hotéis e futuros projetos de intensificação de ocupação de áreas antes representadas por uso residencial horizontal.

Outro ponto determinante é a sequência de implantação dos serviços, partindo daqueles denominados essenciais como o saneamento, a iluminação pública e que desempenham importante papel na atração ou repulsão a outros serviços em rede, que em geral são implantados quando estes outros já estão difundidos.

Com base nessa premissa, a metodologia baseada em indicadores urbanos (MASSARA, 2005) tem como objetivo desenvolver procedimentos que permitam analisar e orientar a expansão e o adensamento da rede física de gás natural canalizado dentro de um município através do estudo da dinâmica entre diversos setores e também analisar a dinâmica urbana que determina a expansão do sistema de rede de gás natural metropolitano.

A criação do modelo é sugerida como uma forma de embasar a análise teórica através de um estudo numérico segundo as interações dinâmicas entre os componentes do sistema representado por quatro arquivos de informações – os bancos de dados (também denominados sistemas de informação), que permitirão classificar as células de estudo sob um “índice de atratividade” para a expansão da rede de distribuição do GN ou um “índice de adensamento”, no caso de locais com rede já instalada.

Como teste do protótipo são selecionados 10 distritos da zona norte de São Paulo em diferentes estágios de desenvolvimento para a determinação do ranking de atratividade à expansão do serviço, destacando o perfil urbano de cada área e sua importância na determinação da atração pela rede de GN.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O modelo proposto é baseado no conceito de dinâmica urbana que traduz o contínuo “movimento” e “transformação” em vários âmbitos do espaço urbano, conforme estudos de FORESTER (1969), incluindo a distribuição espacial de áreas produtivas, residenciais, concentrações populacionais, condições de infra-estruturas e renda, bem como distâncias aos centros mais desenvolvidos (SEMPLA, 2006).

Considerando as possibilidades de atração (e repulsão) à rede de gás natural, geradas pelas vantagens competitivas inseridas no conceito de dinâmica urbana, propõe-se a seleção de fatores que possam intervir na implantação da rede de GN nas cidades brasileiras de perfil predominantemente urbano.

O agrupamento de parâmetros que constituem a dinâmica urbana pode ser analisado como um diferencial entre cidades (ou em menor esfera territorial, bairros e distritos) sintetizando vantagens competitivas urbanas.

Dentre os fatores selecionados estão no primeiro grupo os indicadores de qualidade de vida (VETTER, MASSENA, 1975; PRODAM, 2006), que elenca parâmetros relacionados a existência de equipamentos sociais e outras redes de infra-estruturas e seu reflexo no bem-estar da população.

O segundo grupo é formado por fatores de planejamento urbano (SEMPLA, 2002; 2006), que agrupa parâmetros relacionados aos planos diretores das cidades e que colaboram com a análise indicando concentrações por uso do solo, áreas com capacidade de sofisticação de usos gerando maior demanda por energia e incremento industrial, e áreas já servidas pela rede de gás natural mas com capacidade para adensamento.

O terceiro grupo de indicadores visa a projeção de consumo (GROENENDAAL, 1998; IBGE, 2003), que engloba parâmetros como a concentração populacional e renda familiar (ou poder de compra) e outros, como a estratificação em domicílios e atividades econômicas, possibilitando a estimativa de consumo partindo apenas do número de unidades (sem considerar porte ou setor de atuação) até a pesquisa amostral (com determinação de volumes de conversão ao GN de outras energias como a elétrica, óleos e GLP).

E um último agrupamento que trata de parâmetros relacionados indiretamente ao custo da obra civil e problemas com interdição das vias para implantação dos dutos subterrâneos, como a distância entre a área servida e áreas por servir, extensão das ruas, incidência de tráfego e densidades construídas por tipo de uso do solo que indicam maior ou menor ramificação dos dutos (MASCARÓ, 1979; SEMPLA, 2006).

A tabela abaixo resume a distribuição dos parâmetros usados na criação do modelo.

Tabela 1. Composição dos Sistemas de Informação. Elaboração: MASSARA, 2005.

Qualidade de Vida (QV)	Síglas	Planejamento Urbano (PU)	Síglas	Projeção de Consumo de GN (PC)	Síglas	Obra Civil (OC)	Síglas
Exclusão Social	IEX	Uso do Solo residencial	USres	Densidade Demográfica	DD	Distância da última área servida	D
Desenvolvimento Humano	IDH	Uso do Solo comercial	UScom	Renda Familiar	RF	Extensão das vias	E
Abastecimento de Água	AA	Uso do Solo serviços	USserv	Estratificação Residencial	Eres	Incidência de Tráfego	T
Coleta de Esgotos	CE	Uso do Solo industrial	USind	Estratificação Comercial	Ecom	Densidade Construída residencial	DCres
Iluminação Pública	IP	Zoneamento	Z	Estratificação Serviços	Eserv	Densidade Construída comercial	DCcom
		Desenvolvimento Urbano	DU	Estratificação Industrial	Eind	Densidade Construída serviços	DCserv
		Lançamentos Imobiliários residenciais	LI res			Densidade Construída industrial	DCind
		Lançamentos Imobiliários serviços	LIserv				
		Taxa de Urbanização	TU				

3. METODOLOGIA - O Protótipo de Software como ferramenta auxiliar na tomada de decisão

O modelo tem como objetivo funcionar como ferramenta auxiliar na tomada de decisão sobre onde implantar a rede canalizada dentro de um município. Para tal, oferece vários rankings de atratividade e adensamento, com diferentes enfoques para que o usuário, seja da concessionária ou prefeitura, escolha a prioridade segundo o interesse da empresa/instituição (por exemplo, áreas com maior consumo industrial, ou com maior tendência a ocupação residencial). Em formato de sistema computacional, deverá ser instalado via cd-rom como qualquer programa compatível com o office. Para sua utilização, o usuário deve seguir as etapas:

- Definir a célula de estudo: O modelo deve permitir a inserção de informações em diferentes esferas geográficas. Partindo da unidade de estudo, os dados vão sendo armazenados conforme o detalhamento desejado pelo usuário, caminhando para células maiores até chegar à área do município. A introdução das células de estudo deve ser uma entrada variável, pois determina quantas vezes o programa deverá repetir cada entrada de um parâmetro para o preenchimento do banco de dados. Serão digitados os nomes (do bairro, distrito...) criando uma lista que deve ser associada as zona da cidade (os pontos cardeais).

Tipo	Célula	Zona
Bairro	Santo Antonio	Oeste
Bairro	Prosperidade	Norte

Figura 1. Primeira fase: Tela para inserção das células de estudo. Elaboração: MASSARA, 2005.

Escolhida uma célula de estudo, esta será o padrão. A mistura de diferentes escalas geográficas não é recomendada. Uma vez digitada a lista de células de estudo, esta automaticamente se repete no passo seguinte que corresponde ao preenchimento do banco de dados.

- Sistematizar os parâmetros: consiste no preenchimento de informações sobre os quatro sistemas de informação (através de coleta de informações junto as Prefeituras, IBGE e no caso de São Paulo, a Fundação SEADE) constituindo um “banco de dados”. A figura 2 mostra um exemplo para o sistema de informações

“Projeção de consumo de gás natural”. Nos outros três sistemas, o nome dos parâmetros descrito à tabela 1 aparece de maneira similar ao que nesta tela corresponde os parâmetros “densidade demográfica e renda familiar”.

Nas lacunas, devem ser inseridos os valores para cada parâmetro em função do nome da célula de estudo, que são modificadas à medida em que as lacunas são preenchidas e o usuário clica em “Adicionar”, de forma que sempre é possível visualizar o nome do (bairro, distrito) que está sendo preenchido. As colunas são separadas em 4 categorias de ocupação do solo permitindo ao usuário determinar se o parâmetro é ou não pertinente àquele uso. Por exemplo, a densidade demográfica não atrai a instalação de indústrias e portanto não deve ser considerada no uso industrial. Já para as outras 3 categorias ela é relevante e assim o valor deve ser repetido em cada uma das 3 lacunas.

O exemplo de tela da figura 2 foi escolhido por ser este o preenchimento de maior complexidade do modelo. Para a projeção de consumo de gás natural o usuário deverá escolher um dos 5 níveis de estratificação. Nos quatro primeiros níveis a estimativa é feita apenas considerando “número de unidades” sem levar em conta o consumo de energia.

Figura 2. Segunda Fase: Preenchimento dos Sistemas de Informação. Exemplo: Sistema Projeção de Consumo de GN – Nível de Estratificação 5 para a Categoria Comércio. Elaboração: MASSARA, 2005.

Esse conceito prevê a projeção de consumo indireta baseada nas características de uso e ocupação do solo expressas pela hipótese de que, quanto maior o número de domicílios, estabelecimentos comerciais/prestação de serviços e instalações industriais alocadas na célula em estudo, maior é a atratividade de implantação da rede canalizada de gás natural. Neste caso solicita-se ao usuário a inserção de um peso extra que é multiplicado ao valor já digitado em função do número de unidades, para diferenciar os ramos de atividade que são mais propícios à utilização do gás natural ou que por outros motivos são mais atraentes para a concessionária.

Verifica-se ainda na figura 2, que para cada número de unidades há um correspondente em “consumo de outras energias” que só deve ser preenchido no caso de estudos de adensamento (células de estudo que já possuem a rede mas podem aumentar seu uso, item apresentado a seguir).

Desta forma a estratificação baseada nas ramificações do setor produtivo (IBGE, 2005) começa no nível 1 de forma compacta e até o nível 4 vai sendo desmembrada como mostra a figura 3.

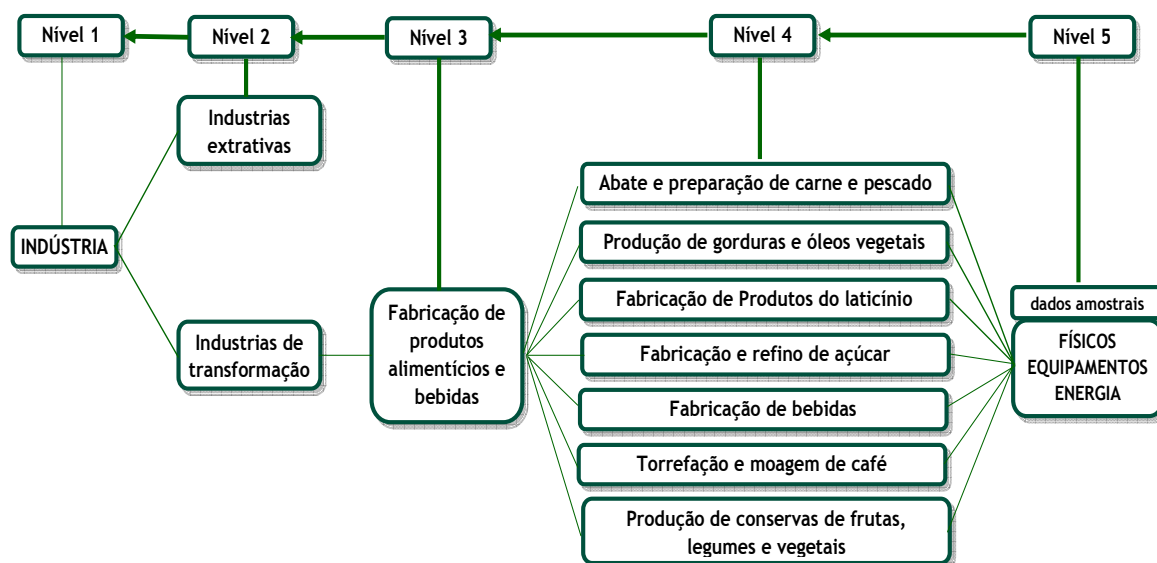


Figura 3. Exemplo de leitura da codificação do CNAE adaptada ao modelo. Elaboração: MASSARA, 2005.

O nível 5 é o de maior exatidão, pois expressa a projeção de consumo baseada no nível mais detalhado do Cadastro do IBGE, expressando a estimativa em volume através das avaliação das porcentagens de conversão de outros energéticos ao GN (vide figura 2), necessitando de coleta de dados in loco.

Propõe-se que a utilização do programa sempre seja a mais precisa, ou seja, utilizando o nível 5 que necessita de verificação amostral. Nesse caso, a entrada dessas características faz um “looping” dentro do programa, ou seja, se repete tantas vezes quantas forem as unidades amostrais digitadas, sempre relacionadas ao grau de estratificação anterior (o grau 4). Caso não haja informações suficientes os graus iniciais também determinam o índice de atratividade mas com menor precisão, já que não trabalham diretamente com projeção de consumo de energia. Porém, da mesma forma que recomenda-se escolher e trabalhar com um único tipo de célula de estudo, aqui também, recomenda-se selecionar um nível de estratificação e trabalhar somente com ele em cada uso do solo. A mistura entre diferentes níveis de ocupação do solo pode ocorrer, (lembrando que isso muda o grau de precisão entre os usos). Esse tópico é o de maior complexidade para a arquitetura interna do programa, pois, para cada item de estudo a estrutura detalhada de características físicas e de consumo de energia deve se repetir e ser armazenada criando uma extensa lista.

- Atribuir escala de priorização: corresponde a transformação automática dos valores numéricos inseridos em pesos. No teste inicial a escala utilizada variava de 1 a 5, com o caráter simples de utilização de uma escala semântica. Em pesquisa sobre a atribuição de escalas lineares e geométricas, optou-se pelo uso no protótipo da escala Saaty, já reconhecida no mundo, porém o usuário pode escolher qualquer uma das duas. O método de escalonamento foi escolhido pois permite trabalhar com o conceito de análise hierárquica- AHP, (SAATY, 1980) e com isso elaborar a validação do algoritmo proposto nessa modelagem através da comparação dos resultados obtidos pelo protótipo com aqueles resultantes de teste pelo método AHP.

A conversão de números em escala visando o estudo da rede de gás natural foi associada a 5 faixas:

Tabela 2. Adaptação da escala AHP ao estudo do gás natural. Elaboração: MASSARA, 2005.

Faixa	Escala Semântica para o Gás Natural	Escala AHP
1	Baixa atratividade à implantação da rede (ou ao adensamento)	1
2	Baixa a Média atratividade à implantação da rede (ou ao adensamento)	3
3	Média atratividade à implantação da rede (ou ao adensamento)	5
4	Média a alta atratividade à implantação da rede (ou ao adensamento)	7
5	Alta atratividade à implantação da rede (ou ao adensamento)	9

A escolha por 5 intervalos é fundamentada nas informações básicas coletadas na SEADE (2006), IBGE (2003) e prefeituras (SEMPA, 2006) que usam em geral, como divisão de tabelas e mapas 5 agrupamentos, o

que facilita a associação da escala semântica para análise da rede de GN aos valores numéricos obtidos em fontes oficiais.

Antes da conversão em escala, é necessária a transformação de todos os parâmetros na mesma unidade. Assim, o modelo transforma automaticamente os parâmetros em porcentagem (através de regra de três simples). Essa primeira conversão é justificada pelo fato de que alguns valores são finitos e outros não, fazendo com que a amplitude dos parâmetros seja diferente e não constante. Com a transformação em porcentagem o caráter não finito de alguns parâmetros desaparece e além da mesma unidade todos se transformam em finitos para o estudo permitindo sua divisão em 5 faixas numéricas e a atribuição da escala de linearização e assim a aplicação de somas e divisões necessárias à determinação dos índices. A seguir, para a atribuição de pesos, calcula-se os intervalos numéricos (tabela 2) de cada célula de estudo e seus respectivos parâmetros através da expressão 1 e da tabela 3:

$$x = \frac{(\text{maior \% observada} - \text{menor})}{5} \quad (1)$$

Tabela 3. Cálculo de intervalos representados por valores numéricos para associação à escala AHP.

Valor	Intervalo	Atribuição de peso
$x1 = x + \text{menor \%}$	Menor \% até $x1$	1
$x2 = x + x1$	$x1$ até $x2$	3
$x3 = x + x2$	$x2$ até $x3$	5
$x4 = x + x3$	$x3$ até $x4$	7
$x5 = x + x4$	$x4$ até $x5$ (=maior \%)	9

Vale ressaltar que cada parâmetro é uma grandeza diferente exigindo o cálculo individual dos valores extremos para a composição dos 5 intervalos.

• Aplicar o algoritmo para o cálculo do Índice de Atratividade: a fórmula matemática para determinação do índice compreende a média da soma simples de todos os pesos atribuídos a cada parâmetro por célula de estudo (que é baseada no algoritmo de índices oficiais da Prefeitura de São Paulo (SEMPA, 2002; 2006)). O índice de atratividade é utilizado para a análise de locais onde a rede de gás natural inexistente ou está em fase inicial de expansão. A tabela 4 mostra as possibilidades de cálculo do Índice de Atratividade: Geral, por Sistemas de Informação ou por Categorias de Ocupação do Solo.

Tabela 4. Resumo da base de cálculo do “Índice de Atratividade”. Elaboração: MASSARA, 2006.

Índices por Sistemas de Informação	
IQV	IEX+IDH+AAA+AEC+AIP
IPU	USres+UScom+USserv+USind+Z+DU+LIres+LIserv+TU
IPC	DD+RF+Eres+Ecom+Eserv+Eind
IOC	D+E+T+DCres+DCcom+DCserv+DCind
Índice Geral	
Igeral	IQV+IPU+IPC+IOC
Índices por Categorias de Ocupação do Solo	
IRES	IEX+IDH+AAA+ACE+AIP+USres+Z+DU+LIres+TU+DD+RF+Eres+D+E+T+DCres
ICOM	IEX+IDH+AAA+ACE+AIP+UScom+Z+DU+Z+TU+DD+RF+Ecom+D+E+T+DCcom
ISERV	IEX+IDH+AAA+ACE+AIP+USserv+Z+DU+LIserv+TU+DD+RF+Eserv+D+E+T+DCserv
IIND	USind+Z+Eind+D+DCind

Nota: A média é calculada sempre em função do número de parâmetros efetivamente digitados.

• Aplicar o algoritmo para o cálculo do Índice de Adensamento: é utilizado para o estudo de áreas onde a rede já foi instalada, visando apontar as possibilidades de incrementar o uso da rede existente. Esse índice é vinculado ao Sistema de Informações “Projeção de Consumo de GN” (e portanto não utiliza os outros sistemas). Assim para chegar neste cálculo, o usuário necessariamente deve antes preencher dados referentes ao sistema 3. O índice pode ser calculado através de 2 métodos:

- Método 1: o adensamento é representado pela subtração entre o número total de unidades e o número de unidades efetivamente já conectadas à rede de GN, entendendo-se como “unidades” o número de domicílios, estabelecimentos comerciais, de prestação de serviços e instalações industriais.

- Método 2: o índice é calculado através da inserção de informações para o nível 5 de estratificação (vide figura 2), usando estimativas de conversão de outras fontes de energia para o gás natural, comparada ao volume

já vendido pela concessionária distribuidora de gás natural por uso do solo. Nesse caso é necessário trabalhar com unidades amostrais (nível 5 de projeção de consumo). Para cada um dos dois métodos é possível calcular 4 diferentes Índices de Adensamento, conforme mostra a tabela 5:

Tabela 5. Resumo da base de cálculo do “Índice de Adensamento”. Elaboração: MASSARA, 2006.

Índice	Método 1 – Considerando apenas número de unidades
IRES	(número unidades* Peso Extra - número unidades ligadas à rede * Peso Extra) residencial
ICOM	(número unidades* Peso Extra - número unidades ligadas à rede* Peso Extra) comercial
ISERV	(número unidades * Peso Extra- número unidades ligadas à rede* Peso Extra) serviços
IIND	(número unidades *Peso Extra- número unidades ligadas à rede * Peso Extra) industrial
Igeral	(IRES+ICOM+ISERV+IIND)/4
Índice	Método 2 – Considerando o levantamento de volumes de conversão
IRES	(Volume estimado-Volume já comercializado) residencial
ICOM	(Volume estimado-Volume já comercializado) comercial
ISERV	(Volume estimado-Volume já comercializado) serviços
IIND	(Volume estimado-Volume já comercializado) industrial
Igeral	(IRES+ICOM+ISERV+IIND)/4

A figura 4 mostra a tela onde os bancos de dados são convertidos em pesos.

Figura 4. Terceira Fase: Tela de conversão para o cálculo dos Índices. Exemplo: Índice de Atratividade
Elaboração: MASSARA, 2005.

Ao clicar uma das duas opções de escala, todos os parâmetros digitados devem ter seus máximos e mínimos verificados e ser individualmente encaixados nas 5 faixas que representam os 5 pesos da escalas. Ao selecionar as opções de ranking, os índices devem ser reorganizados em ordem decrescente, resultando na classificação das células de estudo indicando segundo a “dinâmica urbana” áreas com maior possibilidade de receber (ou adensar) a rede canalizada de GN.

Após o cálculo do Índice, a mesma tela da figura 4 propicia as seguintes etapas:

- Atribuir escala ordinal às células de estudo em ordem decrescente conforme o valor calculado dos índices, (salvo nos casos onde o usuário pretenda ver os volumes estimados por unidade) em ordem decrescente, ou seja, a maior média indica o primeiro lugar e assim sucessivamente.

- Ranking de atratividade (geral, por sistemas ou por categorias de ocupação do solo): corresponde a ordenação classificatória das células de estudo em função do valor obtido no cálculo do Índice de Atratividade.

- Ranking de adensamento (geral ou por categorias de ocupação): corresponde a ordenação classificatória das células de estudo em função do valor obtido no cálculo do Índice de Adensamento salvo quando é utilizado o nível 5 de projeção e se pretende verificar volumes individuais.

Para orientar o possível desempate entre os rankings, o programa deve oferecer ao usuário a possibilidade de selecionar os parâmetros que considere de maior influência. Assim o protótipo deve selecionar as células de estudo com maior atribuição de peso no parâmetro escolhido pelo usuário e re-classificar as células de estudo gerando um “ranking desempatado”.

Em resumo, as etapas de construção da modelagem se resumem em:

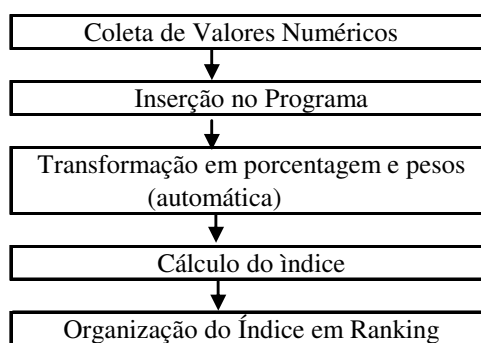


Figura 5. Resumo das etapas de construção do modelo.

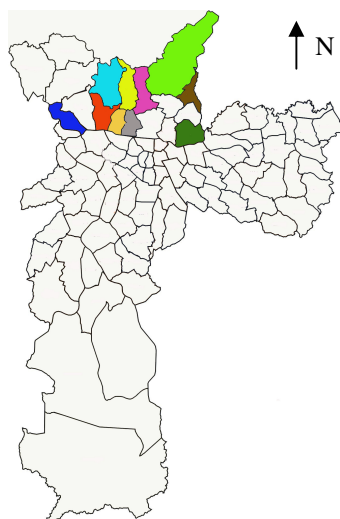
- Aplicar o algoritmo para o cálculo da Receita Bruta: para esse cálculo é necessário o uso da célula de estudo “unidade” onde a projeção de consumo em m³ deve ser multiplicada pela faixa tarifária da concessionária por tipo de ocupação do solo. Neste item propõe-se a verificação do valor ganho através da tarifa, que não é exatamente o lucro da concessionária de gás, por incluir tributações e outros descontos, mas que possibilita a visualização da relação entre o volume consumido e o valor a pagar e de maneira mais precisa, o cálculo do faturamento associando a existência dos encargos (receita líquida).

Para que os cálculos sejam feitos, o usuário deve digitar o valor já calculado para o volume de GN (se tiver determinado o índice de atratividade) e também o volume efetivamente comercializado (somente se estiver desejando relacionar dados oriundos do cálculo de adensamento) e digitar a tarifa fixa e móvel (no caso do retorno por tarifa) ou os encargos fixo e móvel (no caso do faturamento), porém é necessário que cada categoria de uso do solo seja feita individualmente já que o valor das tarifas varia segundo os usos do solo. Este item está em desenvolvimento.

4. RESULTADOS

Para estudo de caso foram selecionados 10 distritos da zona norte da capital paulista com as mais diferentes características. Alguns deles já possuem a rede de gás natural de forma pontual, porém todos podem ser considerados no estágio de expansão, já que nenhum deles está completamente servido.

A opção de avaliação é o ranking geral, usando no banco de dados 3, o nível 4 de projeção de consumo (o mais detalhado ainda trabalhando apenas com número de unidades locais) visando simplificar a demonstração. A figura 5 mostra os distritos analisados que são associados à tabela 6 com o ranking de atratividade a expansão da rede obtido com o uso do protótipo.



Legenda	Distrito	Igeral	Ranking
	Casa Verde	4,6	4º
	Freguesia do Ó	5,0	2º
	Cachoeirinha	3,0	8º
	Mandaqui	4,2	5º
	Limão	4,9	3º
	Tremembé	2,2	10º
	Jaçanã	3,6	7º
	São Domingos	3,9	6º
	Brasilândia	2,6	9º
	Vila Maria	5,8	1º

Figura 5. Os distritos no mapa da Cidade de São Paulo. Tabela 6. O Ranking de Atratividade à Rede de GN.
Fonte: SEMPLA, 2006.

O resultado se deve a vários fatores urbanos. Os primeiros colocados, são distritos com maior verticalização residencial, maior liberdade de zoneamento, estão mais próximos às áreas já servidas e é claro, tem maior projeção de consumo de GN. Os demais concentram menor renda, uso residencial horizontal e pouca concentração comercial, serviços e industrial. Os últimos na classificação além das características do grupo intermediário, estão em área com restrições ambientais a expansão portanto de pequeno desenvolvimento urbano.

Como respaldo de validação da base metodologia, o resultado foi rodado no Programa Decision Lens (SAATY, 2006) e resultou na mesma conclusão. Também, quando comparado à atual condição da rede e em indicativos de expansão, respondeu de forma satisfatória.

5. CONCLUSÃO

Testada a coerência dos parâmetros e de seu algoritmo, verifica-se que o modelo responde ao objetivo de indicar a ordem de áreas passíveis de receber o gás canalizado.

Também será incluído o cálculo das receitas bruta e líquida da concessionária usando os volumes estimados no sistema sobre a projeção de consumo.

Antes da transformação do protótipo no software em projeto futuro, deseja-se revisar o mecanismo de entrada de dados, principalmente no desmembramento em níveis de projeção de consumo. Estuda-se também a possibilidade de substituir o escalonamento apenas por porcentagens e a adaptação do estudo no mesmo programa, de outras formas para se distribuir o gás natural como o GNC e o GNL usando ainda o conceito de dinâmica urbana.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Agência Nacional do Petróleo – ANP, da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP e do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT.

7. REFERÊNCIAS

- ALLEN, E.. **Techniques of attitude scale construction**. New York: Appleton Century Crofts, 1987. 189p.
FORESTER, J. W.. **Urban Dynamics**. Cambridge, M.I.T. Press, 1969, 285p.
GROENENDAAL, W.V.. **The economic appraisal of natural gas projects**. New York, Oxford University Press for the Oxford Institute for Energy Studies, 1998, 230p.
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cadastro Nacional das Atividades Econômicas**. Rio de Janeiro, 2003.
FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Pesquisa Municipal Unificada**. São Paulo, SEADE, 2006, 43p.

MASCARÓ, J.L. **Custos de Infraestrutura: um ponto de partida para o desenho econômico urbano**. São Paulo, 1979. 273p. Tese (Livre-Docência). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1979.

MASSARA, V.M.. **A Dinâmica Urbana na Otimização da Expansão da Infra-Estrutura de Gás Natural**. São Paulo, 2005, 78p. Texto de Qualificação (Doutorado em Energia). Orientador: Murilo Tadeu Werneck Fagá, Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, 2005.

MASSARA, V.M.; FAGÁ, M. T.W.. A dinâmica urbana na otimização da implantação de infra-estrutura para o gás natural. **Revista Petroquímica Petróleo, Gás & Química**, v. XXX, p. 55-59, 2006.

MASSARA, V.M. **O perfil da infra-estrutura no Município de São Paulo e sua relação com as transformações de uso do solo: o centro expandido e a região de São Miguel Paulista** 195f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. (in Portuguese).

SAATY, T. **Decision Lens- Manual de Uso**. Londres, 2006, 113p.

SAATY, T.. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. Londres, McGraw-Hill, 1980, 320 p.

PRODAM - SÃO PAULO (CIDADE) – DEPARTAMENTO DE PROCESSAMENTO DE DADOS. **Atlas Ambiental**. São Paulo, 2006. 1 CD-ROM.

SEMPA - SÃO PAULO (CIDADE) – SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO **Dinâmica Urbana**. São Paulo, 2006, 33p .

SEMPA - SÃO PAULO (CIDADE) – SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO. **Plano Diretor estratégico do Município de São Paulo 2002-2012**. São Paulo, 2002. 1 CD-ROM.

VETTER, D. M., MASSENA, R.M. R., RODRIGUES, E.F.. Espaço, valor da terra e equidade dos investimentos em infra-estrutura urbana: uma análise do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1975, 35p. (apostila).

SOFTWARE PROTOTYPE AS A DECISION MAKING PROCESS TOOL FOR THE EXPANSION AND DENSITY INCREASE OF THE NATURAL GAS DISTRIBUTION ANALYSIS

The paper presents a system computational prototype focused for the analysis of the natural gas distribution expansion, based on three performance areas: the density increase in the existing gas distribution system, the new implantation of the gas distribution system and the esteemed return through the consumption projections related to the tariff groups, allowing the use in any Brazilian city, presenting possibilities of the natural gas as option of final energy in the urban uses, besides to emphasize guidelines for the Urban Plans, seeking the sustainable infrastructure incorporation. The work demonstrates the parameters system as well as the functionality of the systemic architecture through the screens demonstration and the simplified diagram. The methodology integrates the understanding of the urban dynamics to the strategies of the service expansion, through the grouping of four system information: quality of other infrastructures, consumption projection, cost of the civil work and also urban plan indicators, seeking the natural gas demand increment in peripheral districts. Relating the consumption to urban development parameters and the real estate future of the areas in study, the methodology allows to indicate for each neighborhood, the viability of implementing a gas network. The model intends to propose the integration between the cities profile and the natural gas use, using the advance of natural gas on São Paulo City as a specific case study. As conclusion, the software provides the neighborhoods expansion rankings or growing density areas, verifying the coherence of the proposal based on the parameters analysis using the natural gas demand, the cost of the civil work and the development of the cities, through the test for north zone of the São Paulo city.

Natural Gas; Demand; Urban Dynamics

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.