



## **AVALIAÇÃO DE MERCADO PARA A REDE CANALIZADA DE GÁS NATURAL COM BASE NO CONCEITO DE DINÂMICA URBANA**

Vanessa Meloni Massara<sup>1</sup>

Murilo Tadeu Werneck Fagá<sup>1</sup>

Miguel Edgar Morales Udaeta<sup>1</sup>

### **RESUMO**

Este artigo tem como objetivo, identificar prioridades na expansão da infraestrutura de distribuição do gás natural. Propõe-se metodologia que utiliza matrizes considerando as relações entre a dinâmica urbana e as possibilidades do gás natural deslocar outras formas de energia final. Essas matrizes são compostas por informações sobre desenvolvimento social e urbano, custos de implantação da infra-estrutura e projeções do potencial de consumo nos vários setores. O modelo objetiva 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, ressalta-se a importância dos parâmetros urbanos no processo decisório sobre a ampliação da rede, através da análise de distritos do município de São Paulo.

Palavras-chave: Energia, Gás Natural, Infra-Estrutura, Rede de Distribuição, Desenvolvimento Urbano

---

<sup>1</sup> Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia, PRH-04/ANP - PIPGE/IEE/USP. Endereço para correspondência: Rua Piauí, 1017 – Apto.32 São Caetano do Sul – SP. Cep 09541-150. E-mail: vmassara@iee.usp.br Tel: (11) 4226-3081



## ABSTRACT

This paper aims at identifying expansion priorities for the natural gas infrastructure. A methodology is proposed using matrices that consider the relations between urban dynamics and the possibility natural gas might displace other types of final energy. These matrices are composed of social and urban developing data, gas distribution network implementation costs, and predicted consumption potentials in the various sectors. The model intends to propose the integration between the cities profile and the natural gas uses, through the advance of natural gas in São Paulo as a specific case study. As conclusion, the importance of urban parameters in the decision making process for the natural gas distribution expansion is emphasized though the analysis of the São Paulo districts.

Key Words: Energy, Natural Gas, Infrastructure, Distribution Network, Urban Development

## INTRODUÇÃO

Considerando as possibilidades de atração (e repulsão) à rede de gás natural, geradas pelas vantagens competitivas inseridas no conceito de dinâmica urbana (FORRESTER, 1969; MASSARA, 2002; SEMPLA, 2006), propõe-se a seleção de parâmetros que possam intervir na implantação da rede de GN nas cidades brasileiras de perfil predominantemente urbano. A criação do modelo computacional (MASSARA, 2005) é sugerida como uma forma de embasar a análise teórica através de um estudo numérico segundo as interações entre os componentes selecionados, representados 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. Os 4 sistemas são resumidos na figura 1.



Figura 1. Os Sistemas de Informação para análise de mercado de gás natural canalizado sob o conceito de dinâmica urbana. Elaboração: MASSARA, 2005.

O Sistema 1 (SI1) agrupa indicadores sobre qualidade de vida (EMPLASA, 2004) que tratam da presença de outras infra-estruturas como rede de água (AA), esgotos (CE) e iluminação pública (IP) e também de equipamentos urbanos de transporte, saúde, representados pelos índices de exclusão social (IEX) e desenvolvimento humano (IDH) entre outros, que são compreendidos neste trabalho como antecessores à rede de GN.

No Sistema 2 (SI2) são estudados indicadores de planejamento urbano (SÃO PAULO, 2002) que tem estreita ligação com o Plano Diretor das cidades. Nestes parâmetros a célula de estudo é caracterizada por seu perfil de ocupação residencial, comercial, de prestação de serviços e industrial representado pelo parâmetro uso do solo (USres, UScom, USserv, USind) e sua perspectiva de expansão, o zoneamento (Z), bem como pelos lançamentos imobiliários (LI) da região em estudo, que pela determinação dos Códigos de Obras, devem ser equipados com instalações prediais para o gás natural, incrementando o uso desse energético e também pelas definições de áreas com maior desenvolvimento urbano (DU) e taxa de urbanização (TU).

Para o Sistema 3 (SI3) é organizada a projeção de consumo de gás natural (IBGE, 2003; SEADE, 2006), por meio de fatores como a densidade

demográfica (DD) e a renda familiar (RF), associada a estratificação domiciliar (Eres) e de atividades econômicas (Ecom, Eserv, Eind), em níveis de detalhamento conforme a disponibilidade de informações desejada pelo usuário do modelo exemplificada na figura 2.

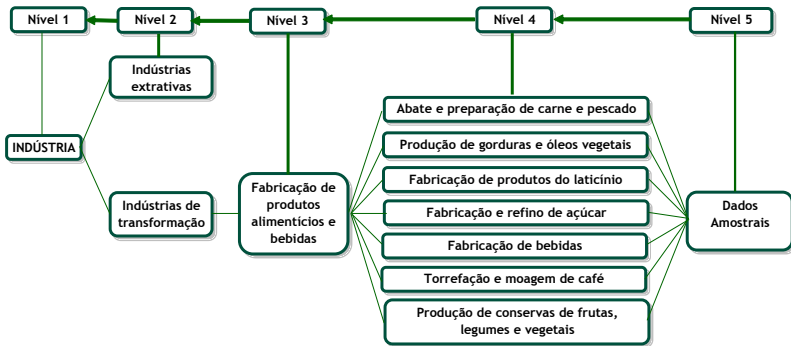


Figura 2. Exemplo da estratificação para a projeção de consumo de GN.

Elaboração: MASSARA, 2005 com base no CNAE (IBGE, 2003).

Este método combina informações sobre consumo de energia e planejamento urbano. Nos últimos níveis (4 e 5) o modelo exige a caracterização amostral de indústrias, comércio, serviços e residências, para um levantamento minucioso de dados físicos do imóvel, do consumo de outras fontes de energia e do número de equipamentos que podem ser convertidos ao gás natural. Porém o modelo prevê também 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 sugere-se a inserção pelo usuário de um peso externo 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.

Propõe-se que a utilização do programa sempre tenha início no nível 5 (4 para residências) que utiliza a verificação in loco de cada unidade, segundo amostragem. Neste caso, a entrada dessas características faz um “looping” dentro do programa, ou seja, se repete tantas vezes quantas forem as unidades amostrais digitadas, sempre relacionada ao grau de estratificação anterior (o grau 3 para residências e o grau 4 para os outros



usos). 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. Desta forma o usuário acessa o programa no nível da pesquisa in loco, trabalhando com informações sobre consumo de energia, equipamentos e características do setor e verifica se possui os dados questionados. Em caso negativo, passa automaticamente para o nível acima onde é exigido menor detalhamento dos dados e assim sucessivamente até chegar ao nível 1 onde basta informar para a área de estudo:

- O número de instalações industriais
- O número de estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços
- O número de domicílios

Assim como para os outros parâmetros já descritos, todos os pesos referentes a cada fator são somados indicando o “Índice de Atratividade” à rede de GN dentro da célula de estudo, segundo os usos do solo (R-residencial, C-comercial, S-serviços e I-industrial).

O Sistema 4 (SI4) apresenta parâmetros que indiretamente representam indicadores de custo da obra civil (SÃO PAULO, 2006; SEADE, 2006), para a implantação dos dutos subterrâneos como a distância da área a servir da última área servida (D), a soma da extensão de ruas para a célula de estudo (ER) e o plano de interdição da vias (T) que é baseado no levantamento das vias de grande tráfego na região onde deve ser implantada a rede. O parâmetro DC representa a densidade construída em metros quadrados de construção pela área de estudo, visando apontar a concentração de edificações por tipo de uso do solo (DCres, DCcom, DCserv e DCind) e assim a necessidade de ramificar a rede, tornando sua implantação mais onerosa (caso dos usos residencial, comercial e serviços) ou não (como por exemplo, na predominância do uso industrial).

## **METODOLOGIA**

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 canaliza-



do dentro de um município através da análise conjunta dos setores de consumo com base na dinâmica urbana que determina a expansão do sistema de rede de gás natural em áreas metropolitanas.

A modelagem sistêmica dos fatores envolvidos foi elaborada através das seguintes etapas:

- Identificação, caracterização e sistematização dos principais fatores intervenientes com base no conceito de dinâmica urbana (conforme descrito na introdução).
- Definição das células de estudo conforme a disponibilidade de informações sobre os parâmetros.

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. Os nomes da células devem ser digitados (bairro, distrito, quarteirão...) criando uma lista que deve ser associada as zona da cidade (os pontos cardeais). 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.

- Sistematização dos 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”.
- Hierarquização de parâmetros quantitativos e qualitativos através da atribuição de uma escala de priorização que unifica a dimensão de todos os indicadores avaliados na unidade de análise para que possam ser tratados matematicamente. A escala de hierarquização escolhida é a do método de análise hierárquica (SAATY, 1980), que permite a verificação entre os algoritmos desse método e o da proposta de modelagem, segundo a associação apresentada na tabela 1.



Tabela 1. Adaptação da escala AHP ao estudo do gás natural.

<b>Faixa</b>	<b>Escala Semântica para o Gás Natural</b>	<b>Escala AHP</b>
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

Elaboração: MASSARA, 2005.

A escolha por 5 intervalos é fundamentada nas informações básicas coletadas na SEADE (2006), IBGE (2003) e prefeituras (SEMPLA, 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 deve transformar automaticamente os parâmetros em porcentagem. A seguir, para a atribuição de pesos, calcula-se 5 intervalos numéricos para cada parâmetro com base em sua amplitude numérica. Vale ressaltar que cada fator exige um cálculo individual de seus valores extremos para a composição das 5 faixas.

- Aplicação do 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 (SEMPLA, 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 2 mostra as possibilidades de cálculo do Índice de Atratividade: Geral, por Sistemas de Informação ou por Categorias de Ocupação do Solo.



Tabela 2. Resumo do algoritmo para o Índice de Atratividade.

<b>Índices por Sistemas de Informação</b>
$IQV = IEX + IDH + AA + EC + IP$
$IPU = USres + UScom + USserv + USind + Z + DU + Lires + LIserv + TU$
$IPC = DD + RF + Eres + Ecom + Eserv + Eind$
$IOC = D + E + T + DCres + DCcom + DCserv + DCind$
<b>Índice Geral</b>
$I_{geral} = IQV + IPU + IPC + IOC$
<b>Índices por Categorias de Ocupação do Solo</b>
$IRES = IEX + IDH + AA + CE + IP + USres + Z + DU + Lires + TU + DD + RF + Eres + D + E + T + DCres$
$ICOM = IEX + IDH + AA + CE + IP + UScom + Z + DU + Z + TU + DD + RF + Ecom + D + E + T + DCcom$
$ISERV = IEX + IDH + AA + CE + IP + USserv + Z + DU + LIserv + TU + DD + RF + Eserv + D + E + T + DCserv$
$IIND = USind + Z + Eind + D + DCind$

Elaboração: MASSARA, 2005.

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

- Aplicação do 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, conforme mostra a figura 1). 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, 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.

Para cada um dos dois métodos é possível calcular 4 diferentes Índices de Adensamento, conforme mostra a tabela 3. O resultado das subtrações positivo, indica que há adensamento.



Tabela 3. Resumo do algoritmo para o Índice de Adensamento.

<b>Índice pelo Método 1 – Considerando apenas número de unidades</b>
$IRES = (\text{número unidades} - \text{número unidades ligadas à rede}) * \text{Peso Extra residencial}$
$ICOM = (\text{número unidades} - \text{número unidades ligadas à rede}) * \text{Peso Extra comercial}$
$ISERV = (\text{número unidades} - \text{número unidades ligadas à rede}) * \text{Peso Extra serviços}$
$IIND = (\text{número unidades} - \text{número unidades ligadas à rede}) * \text{Peso Extra industrial}$
$I_{\text{geral}} = (IRES + ICOM + ISERV + IIND) / 4$
<b>Índice pelo Método 2 – Considerando volumes de conversão</b>
$IRES = (\text{Volume estimado} - \text{Volume já comercializado}) \text{ residencial}$
$ICOM = (\text{Volume estimado} - \text{Volume já comercializado}) \text{ comercial}$
$ISERV = (\text{Volume estimado} - \text{Volume já comercializado}) \text{ serviços}$
$IIND = (\text{Volume estimado} - \text{Volume já comercializado}) \text{ industrial}$
$I_{\text{geral}} = (IRES + ICOM + ISERV + IIND) / 4$

Elaboração: MASSARA, 2005.

- Atribuição da escala ordinal às células de estudo 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, ou seja:
  - Elaboração do 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.
  - Elaboração do 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.
- Aplicação do 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 metros cúbicos 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 inserir 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 também 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.

- Validação do modelo de apoio a tomada de decisão para o planejamento da expansão da rede canalizada de GN através de dois métodos:

- Método 1: Comparação dos resultados obtidos através do modelo com àqueles obtidos pela metodologia de análise hierárquica;

- Método 2: estudos de caso em municípios do Estado de São Paulo e comparação entre o resultado obtido através do modelo e o mapeamento da rede já implantada.

## **ESTUDO DE CASO**

Para estudo de caso foram selecionados 6 distritos de diferentes zonas da capital paulista com as mais variadas 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 visando simplificar a demonstração. A tabela 4 apresenta o ranking de atratividade à expansão da rede obtido com o uso do protótipo. Como respaldo de validação da base metodológica, o resultado foi comparado à atual condição da rede e com indicativos de expansão e respondeu de forma satisfatória.



Tabela 4. O Ranking Geral de atratividade à expansão da rede de distribuição de gás natural.

<b>Distrito</b>	<b>Zona</b>	<b>Igeral</b>	<b>Ranking</b>
Ipiranga	sul	6,1	2º
Tatuapé	leste	6,3	1º
Penha	leste	5,9	3º
Vila Matilde	leste	4,7	6º
Socorro	sul	5,4	5º
Vila Formosa	leste	5,6	4º

Os primeiros colocados, são distritos com maior verticalização residencial, maior liberdade de zoneamento, estão mais próximos à 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 à expansão e portanto, de pequeno desenvolvimento urbano.

## CONCLUSÕES

O modelo baseado em indicadores urbanos tem apresentado resultados coerentes quando testado em cidades do Estado de São Paulo, demonstrando ser uma ferramenta de cálculo de bom grau de precisão, fácil compreensão e utilização como auxiliar no processo de tomada de decisão sobre a expansão e adensamento da rede canalizada de gás natural nas cidades brasileiras.

## 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.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMPRESA METROPOLITANA DE PLANEJAMENTO. **O perfil institucional da Região Metropolitana de São Paulo**. São Paulo, EMPLASA, 2004.

FORRESTER, J. W.. **Urban Dynamics**. Cambridge, M.I.T. Press, 1969. 285p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cadastro Nacional das Atividades Econômicas (CNAE)**. Rio de Janeiro, 2003. Cd-rom.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Pesquisa Municipal Unificada**. São Paulo, SEADE, 2006.43p.

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

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**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. 178p + CD-rom.

SAATY, T. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**. Londres, McGraw-Hill, 1980.320p.

SÃO PAULO (CIDADE) – SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO. **Dinâmica Urbana**. São Paulo, 2006.33p.

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