

REDES E FLUXOS DO TERRITÓRIO



Logística de Energia 2015



Vice-Presidente da República no Exercício do Cargo de Presidente da República
Michel Miguel Elias Temer Lulia

Ministro do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão
Dyogo Henrique de Oliveira (interino)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE

Presidenta
Wasmália Bivar

Diretor-Executivo
Fernando J. Abrantes

ÓRGÃOS ESPECÍFICOS SINGULARES

Diretoria de Pesquisas
Roberto Luís Olinto Ramos

Diretoria de Geociências
Wadih João Scandar Neto

Diretoria de Informática
José Sant'Anna Bevilaqua (em exercício)

Centro de Documentação e Disseminação de Informações
David Wu Tai

Escola Nacional de Ciências Estatísticas
Maysa Sacramento de Magalhães

UNIDADE RESPONSÁVEL

Diretoria de Geociências

Coordenação de Geografia
Claudio Stenner

Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Diretoria de Geociências
Coordenação de Geografia

Redes e Fluxos do Território

Logística de Energia

2015

Rio de Janeiro
2016

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE

Av. Franklin Roosevelt, 166 - Centro - 20021-120 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

ISBN 978-85-240-4382-6 (meio impresso)

© IBGE. 2016

Produção de e-book

Roberto Cavararo

Capa

Aline Carneiro Damacena, Fernanda Jardim, Leonardo Martins - Gerência de Editoração/Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI

Logística de energia : 2015 / IBGE, Coordenação de Geografia. - Rio de Janeiro : IBGE, 2016.
102p.

Acima do título: Redes e fluxos do território.

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-240-4382-6

1. Recursos energéticos - Brasil - Estatística. 2. Geografia econômica.
3. Petróleo. 4. Gás. 5. Biocombustíveis. 6 Energia elétrica. I. IBGE.
Coordenação de Geografia. II. Redes e fluxos do território.

Gerência de Biblioteca e Acervos Especiais CDU 911.3:33]:620.9(81)
RJ/2016-10 GEO

Impresso no Brasil / *Printed in Brazil*

Sumário

Apresentação

Introdução

Notas técnicas

Petróleo, gás e biocombustíveis

Bases de dados analisadas

Passos operacionais para a descrição geográfica da logística do petróleo, gás natural e biocombustíveis

Setor elétrico

Base de dados da geração de energia elétrica

Noções e índices para a análise das redes de transmissão de energia elétrica

Petróleo, gás e biocombustíveis

Produção, transporte e armazenamento de petróleo

Produção de petróleo

Infraestruturas de produção, transporte e armazenamento de petróleo

Refino e produção de derivados de petróleo

Produção, transporte e armazenamento de gás natural

Infraestruturas de produção, transporte e armazenamento de gás natural

Processamento de gás natural

Produção de biocombustíveis

Produção de etanol

Produção de biodiesel

Distribuição, revenda e consumo de derivados de petróleo,
gás natural e biocombustíveis

Distribuição

Revenda e consumo de combustíveis líquidos e gás natural

Distribuição espacial do preço da gasolina e do etanol ao
consumidor final

Energia elétrica

Geração de energia elétrica

Unidades de geração hidráulica

Unidades de geração térmica

Outras unidades geradoras

A transmissão de energia elétrica: topologia da rede

Considerações finais

Referências

Convenções

-	Dado numérico igual a zero não resultante de arredondamento;
..	Não se aplica dado numérico;
...	Dado numérico não disponível;
x	Dado numérico omitido a fim de evitar a individualização da informação;
0; 0,0; 0,00	Dado numérico igual a zero resultante de arredondamento de um dado numérico originalmente positivo; e
-0; -0,0; -0,00	Dado numérico igual a zero resultante de arredondamento de um dado numérico originalmente negativo.

Listas

Siglas das Unidades da Federação

RO - Rondônia

AC - Acre

AM - Amazonas

RR - Roraima

PA - Pará

AP - Amapá

TO - Tocantins

MA - Maranhão

PI - Piauí

CE - Ceará

RN - Rio Grande do Norte

PB - Paraíba

PE - Pernambuco

AL - Alagoas

SE - Sergipe

BA - Bahia

MG - Minas Gerais

ES - Espírito Santo

RJ - Rio de Janeiro

SP - São Paulo

PR - Paraná

SC - Santa Catarina

RS - Rio Grande do Sul

MS - Mato Grosso do Sul

MT - Mato Grosso

GO - Goiás

DF - Distrito Federal

Municípios das Capitais

Porto Velho/Rondônia

Rio Branco/Acre

Manaus/Amazonas

Boa Vista/Roraima

Belém/Pará

Macapá/Amapá

Palmas/Tocantins

São Luís/Maranhão

Teresina/Piauí

Fortaleza/Ceará

Natal/Rio Grande do Norte

João Pessoa/Paraíba

Recife/Pernambuco

Maceió/Alagoas

Aracaju/Sergipe

Salvador/Bahia

Belo Horizonte/Minas Gerais

Vitória/Espírito Santo

Rio de Janeiro/Rio de Janeiro

São Paulo/São Paulo

Curitiba/Paraná

Florianópolis/Santa Catarina

Porto Alegre/Rio Grande do Sul

Campo Grande/Mato Grosso do Sul

Cuiabá/Mato Grosso

Goiânia/Goiás

Brasília/Distrito Federal

Apresentação

Com a presente publicação, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, através da Diretoria de Geociências, dá continuidade à divulgação de estudos relacionados ao projeto Redes e Fluxos do Território, apresentando, neste volume, a logística da energia.

Neste estudo, busca-se abordar, de maneira integrada, dois grandes eixos da produção e distribuição de energia no País: de um lado os combustíveis, como os derivados de petróleo, os biocombustíveis e o gás e, de outro, a energia elétrica em seus diversos métodos de produção, enfatizando o papel do território e o da organização espacial envolvida.

Com efeito, entender a distribuição espacial das complexas redes e fluxos de energia que articulam diferenciadamente o território brasileiro é indispensável, não só para a análise da forma como nele circulam a informação e o poder, mas também para a pesquisa em torno da distribuição espacial das atividades econômicas e suas possibilidades, em um país de tamanho continental e marcado ainda hoje por profundas desigualdades regionais.

Consoante com as publicações anteriores, o volume ora divulgado pretende contribuir com a disponibilização de mais uma base de dados fundamental ao entendimento da geografia do Brasil contemporâneo e ao mesmo tempo aderente à missão institucional do IBGE: “Retratar o Brasil com informações necessárias ao conhecimento de sua realidade e ao exercício da cidadania”.

Wadih João Scandar Neto
Diretor de Geociências

Introdução

A economia brasileira é reconhecidamente diversificada, incluindo o agronegócio - este profundamente imbricado com cadeias industriais a montante e a jusante de seus processos produtivos -, assim como setores relacionados à produção aeronáutica, de *software*, extração petrolífera de águas profundas, indústria de entretenimento, entre outros segmentos econômicos.

Desde os anos 1980-1990, ocorre uma progressiva mudança estrutural dos processos produtivos no País, partindo da utilização de grandes plantas industriais centralizadas, com modelo fordista, até os modelos *just in time*, em que a produção se fragmenta por diversas empresas, não raro situadas geograficamente distante umas das outras.

A diminuição da força das barreiras espaciais clássicas, com o capital se habilitando para explorar as distintas possibilidades que cada localidade oferece, aumenta a importância da logística, uma vez que se torna necessário gerenciar cadeias de produção, cujas partes se situam em pontos diferentes do território. Dentre os recursos logísticos, o provimento de energia é essencial para o funcionamento do complexo industrial e produtivo do País, sobretudo com o crescimento da demanda a reboque do crescimento econômico ocorrido nos anos 2000.

Nesse sentido, o País tem investido em aumento da oferta de energia em seu território nos últimos 10 anos, ampliando a produção de fontes renováveis, como etanol, geração eólica e hidrelétrica, e de fontes não renováveis, como petróleo e gás natural. Além da geração, também houve expansão do sistema de transmissão de energia elétrica, com a interligação de áreas antes desconectadas, perfazendo uma extensão de linhas da ordem de 100 000 km (TOLMASQUIM, 2012).

O objetivo do presente estudo é apresentar, descrever e analisar os padrões espaciais da logística da energia no Brasil, com ênfase na compreensão do território, por meio da análise geográfica das estruturas que compõem a geração, a circulação e a distribuição dos insumos energéticos. Entende-se que os sistemas de energia no País fazem parte de um complexo sistema logístico territorial mais amplo, no qual o Estado, além de ser o provedor da infraestrutura, procura reconfigurar o território mediante uma macrologística que engloba as estratégias espaciais particulares do setor privado, conduzindo a um processo de ordenamento com vistas ao desenvolvimento nacional.

A publicação traz **Notas técnicas**, com informações sobre as bases de dados utilizadas e os procedimentos operacionais adotados na elaboração do presente estudo, entre outras considerações de natureza metodológica, e análises estruturadas em duas grandes seções: a primeira voltada ao petróleo, gás e biocombustíveis, contemplando aspectos de produção, transporte, armazenamento, distribuição, revenda e consumo; e a segunda com foco na geração e transmissão de energia elétrica. O volume é acompanhado de um mapa-mural sintético, integrando ambos os tipos de infraestrutura.

Notas técnicas

Petróleo, gás e biocombustíveis

Bases de dados analisadas

A descrição da logística da energia relativa ao petróleo, derivados de petróleo, gás natural e biocombustíveis presente nesta publicação prioriza a análise da distribuição geográfica das infraestruturas envolvidas na produção, processamento, transporte, distribuição e revenda desses recursos no Brasil. Nesse sentido, optou-se por representar especialmente as principais estruturas físicas que participam da produção e da logística da cadeia de tais recursos energéticos, de modo a contribuir para a compreensão das redes e fluxos territoriais gerados a partir da exploração dessas categorias de recursos energéticos.

As bases de dados mais significativas utilizadas e analisadas neste estudo são as disponibilizadas publicamente pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, principalmente no Banco de Dados de Exploração e Produção - BDEP, que reúne dados georreferenciados sobre produção de petróleo e gás natural, além de informações do *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2015*. As demais informações da ANP utilizadas foram obtidas por meio de consulta ao *site* da Agência.

A distribuição de gás natural possui regulação estadual e, por esse motivo, há poucas informações públicas disponibilizadas na ANP sobre este tema. Desse modo, para delinear a distribuição e o consumo de gás, foram utilizadas outras fontes de dados estatísticos, tais como: o Ministério de Minas e Energia, por meio do *Boletim Mensal de*

Acompanhamento da Indústria de Gás Natural; a Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado - ABEGÁS; e as agências reguladoras de energia dos Estados de São Paulo e do Rio de Janeiro.

As informações utilizadas para a descrição da produção das matérias-primas associadas à bioenergia foram obtidas em consulta ao Banco Multidimensional de Estatísticas - BME, do IBGE.

Passos operacionais para a descrição geográfica da logística do petróleo, gás natural e biocombustíveis

As descrições e análises realizadas sobre as redes e fluxos do petróleo, gás natural e biocombustíveis foram executadas mediante representações cartográficas, gráficas e tabulares que dão suporte à análise da geografia de tais fenômenos. Os procedimentos operacionais mais estruturantes visaram realizar a espacialização de objetos e variáveis que não estavam georreferenciados, selecionar fenômenos mais representativos das cadeias produtivas e logísticas dos produtos em pauta e organizá-los em sequência lógica do ponto de vista dos fluxos territoriais.

Para representar a geografia da concentração da produção das matérias-primas associadas à bioenergia, foi elaborada uma classificação da quantidade produzida por município em cinco classes, a partir do Algoritmo de Jenks, que identifica as quebras "naturais" entre classes, utilizando fórmula estatística que consiste basicamente na minimização da soma de variância em cada grupo. Após essa etapa classificatória, as classes inferiores que concentravam os municípios com menor produção foram excluídas, e as classes restantes foram agrupadas e representadas com a mesma coloração. Além disso, subtraíram-se do agrupamento de municípios resultante as Unidades de Conservação e as Terras Indígenas, de modo a evitar que municípios com áreas extensas ficassem sobre-representados.

O Algoritmo de Jenks também foi usado em todos os mapas que representam proporcionalidade quantitativa das variáveis, promovendo eventuais ajustes pontuais de modo a refinar a representação cartográfica de acordo com a escala.

Sempre que possível, os dados foram agregados em nível municipal, mediante a soma dos valores da mesma variável em um mesmo município. As exceções são os dados dos campos de produção de petróleo e gás natural, plataformas, polígono do pré-sal, gasodutos e oleodutos, os quais não são adequadamente redutíveis a esse nível de agregação. Nas representações cartográficas em que se utilizam pontos e círculos proporcionais, a posição das variáveis agregadas refere-se à sede municipal. No caso dos campos de produção, os círculos estão referenciados ao centro geométrico do campo. Apenas as áreas dos campos de produção representados no *zoom* do Mapa 1 correspondem ao formato oficial desses campos.

Nas representações cartográficas, a definição das plataformas que operam no pré-sal foi estabelecida quando ao menos um poço vinculado à plataforma estava situado no pré-sal, de acordo com informações da Petrobrás referentes a 2015. Os campos de produção que operam no pré-sal foram definidos a partir da lista de seus poços produtores, conforme disponível no *Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural*, da ANP.

Os gasodutos e os oleodutos foram vetorizados com base no cartograma presente no *Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2015*, da ANP, bem como nos mapas de concessões de blocos exploratórios, também da ANP. A representação dos dutos contemplou apenas os eixos estruturais, ou seja, os gasodutos de distribuição não foram representados. Finalmente, os oleodutos não foram diferenciados por tipo de produto escoado (petróleo, derivados ou ambos).

Setor elétrico

Base de dados da geração de energia elétrica

A base de dados da geração de energia elétrica foi selecionada a partir do Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico - SIGEL, geoserviço mantido pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, que tem por objetivo:

Tornar-se um instrumento de referência na busca de informações consistentes, de caráter geral, relativas às atividades fins do setor, tornando disponível, consolidados em um mesmo ambiente computacional, dados e informações disseminadas em vários subsistemas isolados de interesse corporativo, desenvolvidos interna ou externamente (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2015c).

A unidade referencial do SIGEL são os pontos georreferenciados que representam geograficamente a localização dos empreendimentos de geração de energia elétrica (usinas hidroelétricas, termelétricas etc.). Dentre esses empreendimentos, foram selecionados da base original apenas os que estão em operação, uma vez que este estudo tem como foco a geografia atual da logística do setor elétrico no Brasil.

O campo de representação quantitativa das instalações foi o da potência outorgada, expressa em quilowatt (kW), como medida de capacidade de geração. Trata-se, portanto, da capacidade bruta de geração dos equipamentos do empreendimento registrado pela ANEEL.

Para fins de análise, os empreendimentos foram agrupados de acordo com o tipo da fonte geradora de energia elétrica. Nesse sentido, o Quadro 1 apresenta a forma como a base de dados original foi consolidada.

Quadro 1 - Base de dados original e base de dados consolidada Logística de Energia 2015 para tipos de geração de energia elétrica

Base de dados original SIGEL/ANEEL	Base de dados consolidada Logística de Energia 2015
CGH - Central Geradora Hidrelétrica	Unidades de Geração Hidráulica
PCH - Pequena Central Hidrelétrica	
UHE - Usina Hidrelétrica	
UTE - Usina Termelétrica	Unidades de Geração Térmica
UTN - Usina Termonuclear	
EOL - Central Geradora Eólica	Outras Unidades de Geração
UFV - Usina Fotovoltaica	

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia, com base nas informações da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.

Para representação em mapas, procedeu-se à conversão da unidade de medida da potência outorgada, de quilowatt (kW) para megawatt (MW), dividindo-se o valor por 1 000.

Na análise das unidades de geração, utilizou-se também a espacialização das regiões de integração eletroenergética do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS como forma de análise das concentrações e dispersões das unidades geradoras, conectando-se tematicamente com a questão da transmissão de energia elétrica. Para a geração hidráulica, foram utilizadas as representações cartográficas das bacias hidrográficas, disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas - ANA. Para os combustíveis utilizados na análise das unidades de geração térmica, procedeu-se à classificação de acordo com as categorias constantes no estudo Logística de Energia 2006, do IBGE, permitindo sua comparabilidade. O Quadro 2 apresenta a compatibilização dos tipos de combustíveis da base de dados original, por classes de combustível reclassificado, de acordo com o estudo Logística de Energia 2006.

Quadro 2 - Base de dados original e base de dados consolidada Logística de Energia 2015 para tipos e classes de combustíveis

Base de dados original SIGEL/ANEEL	Base de dados consolidada Logística de Energia 2015
Bagaço de cana-de-açúcar	Biomassa
Biogás	
Capim elefante	
Carvão vegetal	
Casca de arroz	
Licor negro	
Óleo de palmiste	
Resíduos de madeira	
Óleo combustível	Derivados de petróleo e carvão mineral
Óleo diesel	
Carvão mineral	
Gás natural	Gás natural
Urânio	Nuclear
Efluente gasoso	Outros
Enxofre	
Gás de alto forno	
Gás de processo	
Gás de refinaria	
Gás siderúrgico	

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia, com base nas informações da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.

Em relação ao agente de geração e à destinação da energia, adotou-se o critério de classificação normativa expresso no *Manual de controle patrimonial do setor elétrico*, aprovado pela Resolução normativa n. 367, de 02.06.2009, da ANEEL. Para fins de regulação, a Agência subdivide os agentes geradores de acordo com o seu porte e

a finalidade de destinação da energia gerada. Desse modo, os empreendimentos são assim classificados : com registro de central geradora (REG); registrados pela Resolução normativa n. 482, de 17.04.2012, da ANEEL (REG–RN482); autoprodutores de energia elétrica (APE); produtores independentes de energia elétrica (PIE); e prestadores de serviço público (SP) de geração de energia elétrica.

De acordo com a ANEEL, os empreendimentos caracterizados como REG no campo de destino de energia são pequenas instalações geradoras (com potência igual ou inferior a 3 MW para hidrelétricas e igual ou inferior a 5 MW para as demais fontes) que não necessitam de qualquer autorização ou concessão do agente regulador para operar, bastando somente sua comunicação após implantação para serem registrados (REGISTRO..., 2015).

Os empreendimentos que se enquadram na Resolução Normativa n. 482, de 17.04.2012, da ANEEL, caracterizados como REG–RN482, que possuem até 1 MW, são considerados minigeradores ou microgeradores de energia elétrica e podem se conectar à rede de distribuição para injetarem seus excedentes e, dessa forma, serem compensados financeiramente pela concessionária de distribuição (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2012).

Os empreendimentos autoprodutores de energia elétrica (APE) são caracterizados como “pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo, podendo, mediante autorização da ANEEL, comercializar seus excedentes de energia” (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2009, p. 157).

Por sua vez, os empreendimentos produtores independentes de energia elétrica (PIE) constituem-se em “pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização do poder concedente para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco” (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2009, p. 171).

Embora os empreendimentos autoprodutores e os empreendimentos produtores independentes de energia elétrica possam produzir parte da energia para consumo próprio e comercializar outra parte, a diferença entre ambos é que ao autoprodutor é facultado tal comercialização, enquanto para o produtor independente a comercialização é o seu foco principal, sendo o consumo próprio uma opção.

Os empreendimentos prestadores de serviço público (SP) de geração de energia elétrica são as unidades geradoras que são concedidas pelo poder público para compor a disponibilização de energia elétrica para a sociedade.

Noções e índices para a análise das redes de transmissão de energia elétrica

A análise da transmissão de energia elétrica no Território Nacional foi realizada com o auxílio do *freeware* de redes sociais Pajek¹, que possibilitou a criação de diagramas da lógica interna de ligação das linhas de transmissão do Sistema Interligado Nacional.

¹ Disponível no endereço: <<http://mrvar.fdv.uni-lj.si/pajek/>>.

Os nós ou vértices da rede constituem cada ponto onde uma aresta se entrecorta, apresentados no grafo como um pequeno círculo vermelho. Uma aresta ou arco é a ligação entre dois nós, representada por uma linha. Cada nó representa um município que possui uma subestação de força, ou outro equipamento relevante para a rede de transmissão, a partir da qual a energia pode ser roteada pelo sistema nacional, de acordo com as vicissitudes de sua operação, ou passar para o sistema de distribuição, com uma escala de atuação local. Os nós não são considerados de maneira hierárquica, isto é, não existem pontos tidos como mais importantes *a priori*, e, entre um par de cidades, a energia flui em ambas as direções, dado que a quase totalidade das linhas é de corrente alternada.

O arco ou aresta representa uma linha de transmissão, uma ligação física, com cabeamentos. Ele pode conter ligações redundantes, caso haja mais de um circuito entre eles, que, contudo, para melhor clareza na visualização, são representados apenas por uma linha. Também existem ligações internas a um mesmo município, impossíveis de serem representadas sem causar uma poluição visual extrema. Apesar da falta de representação gráfica dessas ligações redundantes e internas, elas são contabilizadas na mensuração da centralidade dos nós, na presença de sub-redes coesas e na elaboração de índices.

Buscou-se, na apresentação do grafo, eliminar, tanto quanto possível, visões subjetivas e juízos antecipados. Para tanto, foi utilizado o método automático de distribuição dos pontos em rede, proporcionado pelo Algoritmo Kamada-Kawai e realizado pelo Pajek, que busca produzir um espaçamento entre os vértices o mais regular possível e minimiza a distância entre os nós diretamente conectados (NOOY, MRVAR, BATAGELJ, 2011). A partir do resultado automático, foi realizado, manualmente, um ajuste fino da posição dos pontos.

Para calcular a centralidade de cada município na rede, foram utilizados os índices de proximidade e de intermediação.

O índice de proximidade (IP), medido para cada nó individualmente, baseia-se na distância total entre um vértice e os demais da rede. Quanto mais próximo um nó estiver dos demais, isto é, quanto mais ligações diretas ele possuir em relação a todos os outros, mais eficientemente os fluxos chegarão a ele. Cabe enfatizar que a noção de distância entre dois pontos em um grafo é topológica, constituindo-se do número de pares de ligações entre eles. O valor do índice para determinado nó da rede é calculado pelo número total de vértices dividido pela soma das distâncias entre o nó em questão e todos os outros:

$$IP(V_i) = \frac{T - 1}{\sum D(V_i; V_n)}$$

Onde:

V representa os vértices;

T o número total de vértices; e

D a distância, o número de passos entre o vértice i e o vértice n , sendo $i \neq n$.

O valor máximo do índice é 1, no caso de um vértice estar diretamente conectado a todos os outros (o número de vértices será igual ao valor da soma das distâncias) (NOOY, MRVAR, BATAGELJ, 2011).

O índice de intermediação (IIN) analisa o quanto cada nó encontra-se no caminho para os demais se conectarem. É calculado pelas medidas geodésicas, isto é, o percurso mais curto entre dois pontos da rede. O índice de intermediação de um nó é a proporção da medida geodésica entre todos os vértices da rede que incluem aquele nó. Em outras palavras, divide-se o número de caminhos - os mais curtos possíveis - entre todos os vértices que incluem o nó em questão, por todos aqueles que não o incluem:

$$IIN(V_i) = \frac{\sum G_{nx}(V_i)}{\sum G_{nx}}$$

Onde:

G representa o número de caminhos geodésicos, sendo $i \neq n \neq x$.

Quanto maior o índice, mais importante o nó i será para o conjunto da rede, pois os menores caminhos entre um grande número de vértices passarão por ele.

Petróleo, gás e biocombustíveis

Petróleo, gás natural e biocombustíveis são fontes de energia de características diferentes. Os dois primeiros são recursos naturais não renováveis, combustíveis fósseis formados por hidrocarbonetos e obtidos pela exploração de bacias sedimentares, que são conjuntos rochosos formados por superposições de camadas ao longo de milhões de anos. Quando alguma das camadas da sequência rochosa confina um determinado nível de matéria orgânica, após milhões de anos, pode surgir uma jazida de petróleo ou gás natural. O petróleo constitui a etapa inicial da degradação da matéria orgânica contida nessas camadas, enquanto o gás natural constitui uma das etapas finais da degradação; por esse motivo, é tão comum os dois aparecerem conjuntamente nas reservas (ATLAS..., 2008). Os biocombustíveis, por outro lado, são recursos energéticos renováveis, pois são produzidos por meio do processamento de matéria orgânica, como a cana-de-açúcar e a soja, por exemplo.

A produção, distribuição e comercialização de petróleo, gás natural e biocombustíveis no Brasil são reguladas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. A apresentação conjunta desses três recursos energéticos na presente seção não ocorre apenas por serem regulados pela mesma Agência, mas, principalmente, porque suas cadeias produtivas e logísticas integram-se em determinadas etapas - não só na produção de derivados energéticos mistos entre essas fontes, como a gasolina misturada ao etanol, como também na utilização de infraestruturas de produção, transporte e armazenamento comuns, como plataformas que extraem petróleo e gás natural simultaneamente.

Há uma grande pluralidade de derivados energéticos de petróleo e gás natural, bem como um significativo número de biocombustíveis. Entretanto, para cumprir o propósito deste estudo, optou-se por enfatizar alguns dos derivados de petróleo e biocombustíveis, tanto aqueles que são mais conhecidos do público em geral quanto os que têm maior impacto na difusão de infraestruturas no território.

A presente seção está subdividida em quatro partes, conforme a distribuição das infraestruturas e etapas logísticas. As três primeiras discorrem sobre a produção, transporte e armazenamento de petróleo e derivados, gás natural e biocombustíveis; a última parte discute a distribuição, revenda e consumo de derivados de petróleo, gás natural e biocombustíveis.

Produção, transporte e armazenamento de petróleo

Produção de petróleo

A cadeia produtiva do petróleo inicia-se com os estudos preliminares da ANP, que definem as áreas de bacias sedimentares com potencialidade de existência de petróleo. Essas áreas são os blocos exploratórios, os quais são oferecidos às companhias de produção petrolífera por meio de rodadas públicas de licitações, em diferentes regimes. A exploração é o processo de pesquisa, estudos e avaliações das áreas, para verificar em quais locais específicos há reservas de petróleo e se a produção nessas reservas é viável economicamente. Uma vez que uma empresa ou consórcio consegue a concessão do bloco exploratório, diversos estudos técnicos são elaborados para buscar reservas e delimitar com maior detalhamento a provável extensão da jazida e o volume de petróleo nela contido. Trata-se de um processo por vezes longo e dispendioso, exigindo altos investimentos, pois há procedimentos como a perfuração de poços exploratórios, por exemplo.

Quando, após os estudos, uma área de ocorrência de petróleo é delimitada, mensurada e declarada como economicamente viável, define-se o campo de petróleo ou campo de produção. Trata-se de um ou mais reservatórios, contínuos ou não, situados em áreas próximas. Inicialmente, após a descoberta de um campo, ocorre o processo de desenvolvimento, em que as infraestruturas e os processos necessários à extração do óleo e gás são organizados, e, posteriormente, inicia-se a produção propriamente dita, ou seja, a extração do petróleo dos reservatórios e seu pré-processamento.

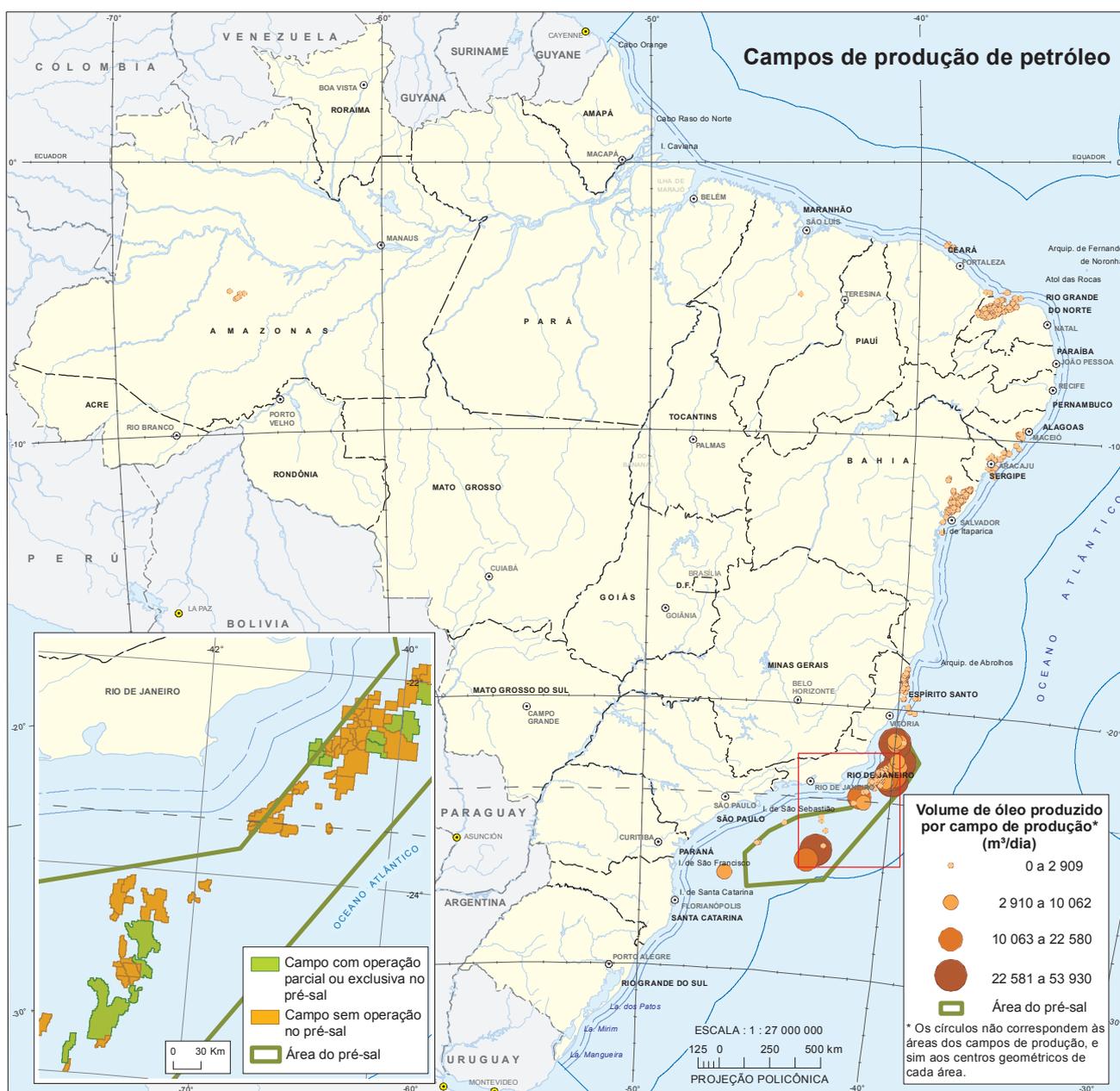
Os campos de produção de petróleo localizados no Mapa 1 estão concentrados principalmente nas proximidades do litoral e em áreas marítimas da plataforma continental, na Zona Econômica Exclusiva do Brasil, com algumas exceções, como os Estados do Amazonas e Maranhão. As áreas de campos de produção terrestres mais expressivas encontram-se no Espírito Santo e em estados da Região Nordeste do País, sobretudo no Rio Grande do Norte, Alagoas, Sergipe e Bahia.

O volume da produção nacional de petróleo também predomina em ambiente marítimo, alcançando 92,5%, enquanto apenas 7,5% ocorre no continente, conforme se vê no Gráfico 1.

O polígono do pré-sal é definido pela Lei n.12.351, de 22.12.2010, e indica a área onde foram descobertas grandes reservas petrolíferas em camadas muito profundas

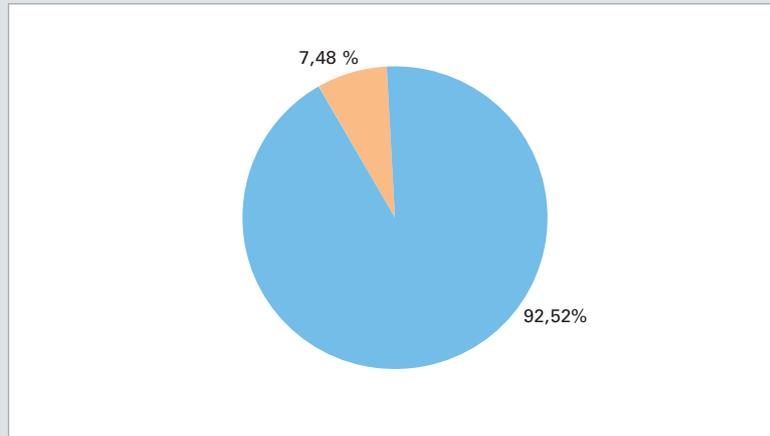
do fundo oceânico. Trata-se de uma extensa área que abrange desde o litoral de Santa Catarina até o Espírito Santo e compreende um conjunto de rochas situadas abaixo da camada de sal depositada em grande parte das bacias sedimentares dessa área (PETROBRAS, 2015e). Como a descoberta e a regulação da exploração nessa camada é relativamente recente, a produção no pré-sal ainda está distante de igualar a oriunda das demais camadas (pós-sal) - apenas 21,9% do volume de petróleo extraído provém do pré-sal (Gráfico 2), entretanto esta produção vem aumentando significativamente nos últimos anos, chegando a 179 milhões de barris em 2014 (Gráfico 3).

Mapa 1 - Volume de petróleo produzido, por campos de produção - jun. 2015



Fontes: 1. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, Banco de Dados de Exploração e Produção 2015. 2. Boletim mensal da produção de petróleo e gás natural. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, n. 59, jul. 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=77431&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1442377790803>>. Acesso em: maio 2016.

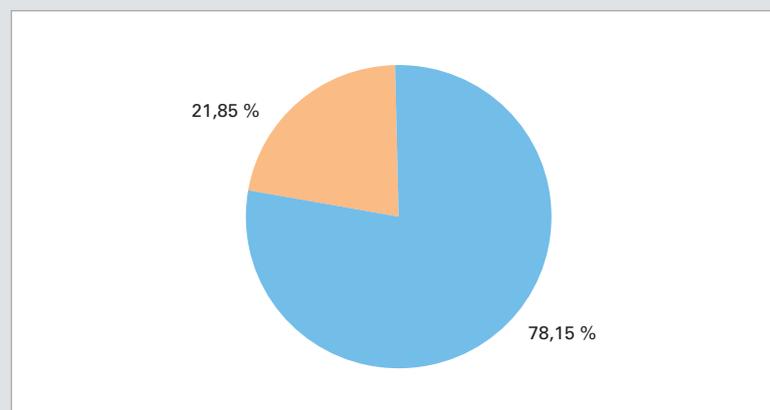
Gráfico 1 - Produção nacional de petróleo, por localização Brasil - 2014



■ Mar ■ Terra

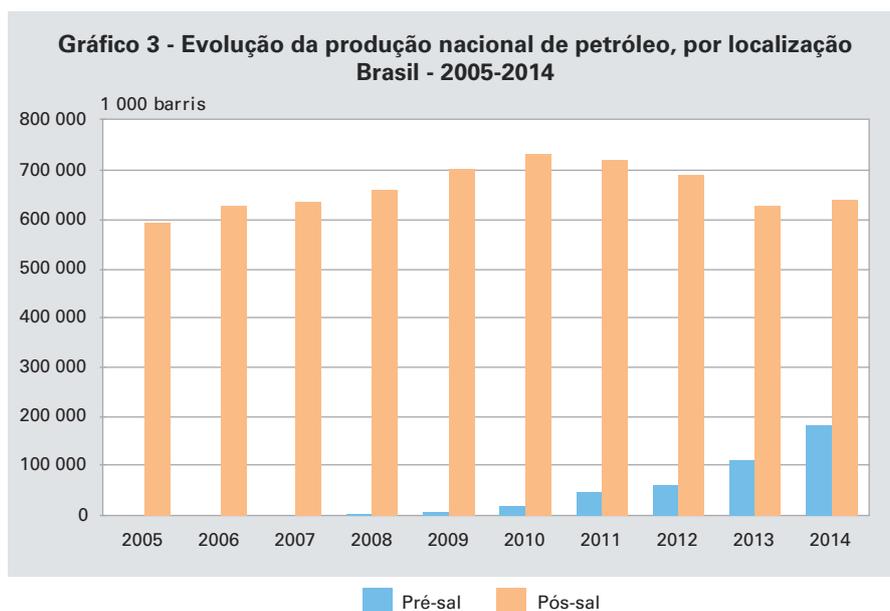
Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

Gráfico 2 - Produção nacional de petróleo, por localização Brasil - 2014



■ Pós-sal ■ Pré-sal

Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.



Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

A partir do Mapa 1, percebe-se que nem todos os campos de produção situados no polígono do pré-sal operam nessa camada; na realidade, apenas a minoria possui operações no pré-sal. Mesmo entre os campos que já possuem produção no pré-sal, há aqueles em que a maioria da extração de petróleo ocorre no pós-sal.

Embora a maior parte da produção ocorra em ambiente marinho, contabiliza-se por Unidades da Federação mediante a projeção dos respectivos limites estaduais no mar. Com isso, percebe-se que o Estado do Rio de Janeiro é o maior produtor de petróleo do País, totalizando 68,4% do volume nacional, o que representa mais de quatro vezes a produção da segunda Unidade da Federação classificada, o Espírito Santo, que extrai 16,3% do total. São Paulo detém uma produção significativa também, com 7,2% do volume nacional, enquanto todos os outros estados produtores somados chegam a 8,1% do total da produção de petróleo no País. Esses dados, exibidos na Tabela 1, ratificam claramente a enorme concentração do volume de produção nas Bacias de Campos e Santos.

Tabela 1 - Produção nacional de petróleo, segundo as Unidades da Federação - 2014

Unidades da Federação	Produção nacional de petróleo	
	Total (1 000 barris)	Percentual (%)
Brasil	822 929,60	100,00
Rio de Janeiro	563 232,64	68,44
Espírito Santo	133 974,18	16,28
São Paulo	59 235,50	7,20
Rio Grande do Norte	20 961,95	2,55
Bahia	15 987,38	1,94
Sergipe	14 971,99	1,82
Amazonas	10 222,18	1,24
Ceará	2 667,25	0,32
Alagoas	1 633,57	0,20
Maranhão	42,96	0,01

Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2014. Rio de Janeiro: ANP, 2014. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

Infraestruturas de produção, transporte e armazenamento de petróleo

A exploração e produção do petróleo exigem um numeroso e complexo sistema de infraestruturas para serem viabilizadas. Essas infraestruturas tornam-se ainda mais complexas em um país como o Brasil, em que a maioria do petróleo localiza-se fora do continente. Para este estudo, verificou-se a distribuição geográfica de algumas das principais infraestruturas utilizadas na produção de petróleo: poços, plataformas, terminais e oleodutos.

Uma das técnicas mais elementares na exploração e produção de petróleo é a perfuração de poços. Os poços servem tanto para aprofundar estudos técnicos de verificação da existência de jazidas petrolíferas, sobretudo na fase de exploração, quanto para retirar o petróleo do substrato rochoso e trazê-lo à superfície, bem como para processos de suporte à produção de petróleo, como a injeção de fluidos para ajustes de pressão na jazida.

A maioria dos 9 104 poços produtores de petróleo e gás natural do Brasil estão concentrados no continente, alcançando 90,8% do total de poços existentes (Tabela 2). Percebe-se, desse modo, que a produtividade dos poços continentais é substancialmente menor do que a dos poços oceânicos, seguindo, portanto, uma tendência oposta à distribuição do volume de petróleo produzido, que é muito superior no mar, conforme verificado anteriormente.

O destaque em número de poços continentais fica para a Região Nordeste, com os Estados do Rio Grande do Norte (47,2%), Sergipe (21,9%) e Bahia (20,1%) reunindo a maior concentração de poços terrestres. Quanto à distribuição dos poços marítimos, destaca-se o Rio de Janeiro (66,1%), em conformidade com o fato de a costa deste estado ser a maior produtora de petróleo com localização marítima do País.

Tabela 2 - Distribuição dos poços produtores de petróleo e gás natural, por localização, segundo as Unidades da Federação - 2014

Unidades da Federação	Distribuição dos poços produtores de petróleo e gás natural (%)		
	Total	Localização	
		Mar	Terra
Brasil			
Total de poços	9 104	841	8 263
Percentual (%)	100,00	9,24	90,76
Alagoas	1,64	0,12	1,79
Amazonas	0,70	0,00	0,77
Bahia	18,33	1,19	20,08
Ceará	4,02	4,99	3,92
Espírito Santo	4,44	7,97	4,08
Maranhão	0,18	0,00	0,19
Paraná	0,00	0,00	0,00
Rio de Janeiro	6,11	66,11	0,00
Rio Grande do Norte	43,80	10,23	47,22
São Paulo	0,26	2,85	0,00
Sergipe	20,52	6,54	21,94

Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

Em ambiente marítimo, o objeto infraestrutural que se destaca na cadeia produtiva do petróleo são as plataformas: parte delas é usada já no processo de perfuração dos poços; além disso, é nas plataformas que se opera a extração do óleo dos poços, os quais, estando conectados a essas estruturas, destinam a elas o óleo das jazidas. Em geral, as plataformas também operam funções preliminares de processamento do óleo cru, como a separação das fases de água, gás e óleo (PETROBRAS, 2015g). Embora sejam estruturas pesadas, a maioria das plataformas possui algum nível de mobilidade, como a FPSO², uma unidade de produção, armazenamento e transferência.

O Mapa 2 mostra que a maior concentração das plataformas está na Bacia de Campos, no litoral do Rio de Janeiro, na mesma área onde a produção de petróleo tem volumes mais expressivos. Observa-se também que ainda é relativamente pequeno o número de plataformas que operam na camada do pré-sal, mesmo que em operações parciais.

O petróleo em mar, após captado e pré-processado nas plataformas, é destinado às instalações portuárias com o auxílio de navios aliviadores (PETROBRAS, 2015g). As principais instalações de recebimento, armazenamento e expedição do petróleo são os terminais, que constituem importantes estruturas para a logística da cadeia do petróleo, pois além de funcionarem como entreposto para a produção do petróleo bruto, funcionam também para o armazenamento e escoamento dos derivados de petróleo, bem como para a importação e exportação.

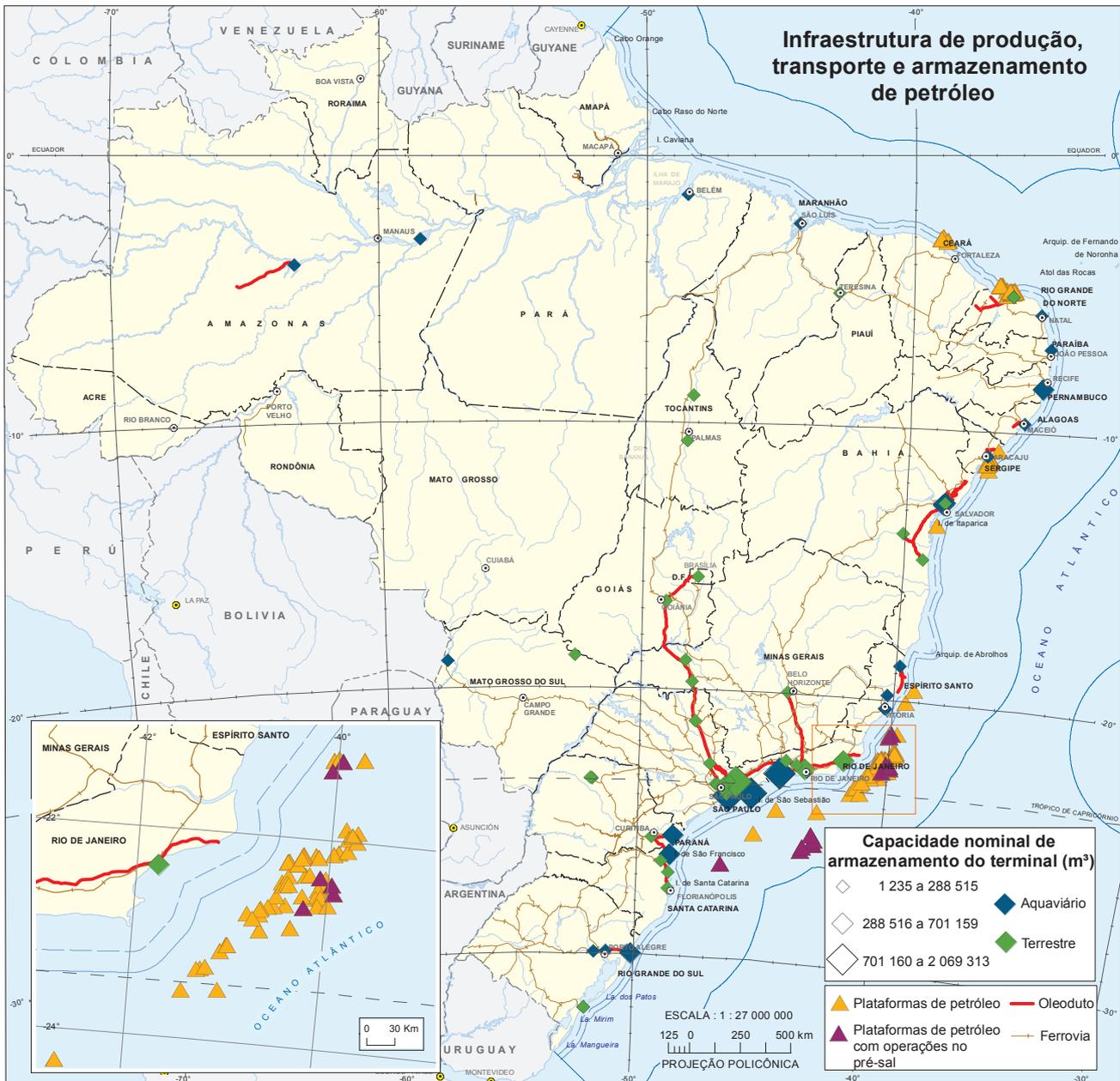
Os terminais são classificados em terrestres e aquaviários, e estes, em lacustres, fluviais e marítimos. Os terminais aquaviários recebem e enviam petróleo e derivados por meio de embarcações e complexos portuários, podendo ter conexões com os outros modais de transporte; os terminais terrestres operam com transporte ferroviário, rodoviário e dutoviário.

Entre os tipos de terminais, predominam os aquaviários, tanto em número (56 em um total de 99) como em relação à capacidade nominal de armazenamento (70,1%) (Tabela 3). Parte dessa predominância pode ser associada à produção essencialmente marítima do petróleo brasileiro e aos enormes volumes que podem ser transportados por este modal.

Em termos de capacidade de armazenamento dos terminais, destacam-se os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, que concentram, respectivamente, 41,2% e 17,6% do total, ou seja, mais da metade da capacidade de armazenamento do País (Tabela 4).

² Unidade Flutuante de Armazenamento e Transferência (em Inglês, Floating Productions Storage and Offloading) é um navio adaptado para a exploração e o armazenamento de petróleo e gás natural.

Mapa 2 - Infraestrutura de produção, transporte e armazenamento de petróleo - 2015



Fontes: 1. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016. 2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Unidade estacionária de produção 2015. In: _____. Plataformas em operação. Rio de Janeiro: ANP, [2015?]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=67467&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1465231606273>>. Acesso em: ago. 2015. 3. Petrobras. Ver Referências.

Nota: Os terminais presentes no mesmo município foram agregados e representados como uma única feição, somando-se a capacidade de armazenamento.

Tabela 3 - Capacidade nominal de armazenamento e número de terminais, segundo o tipo de terminal - 2014

Tipo de terminal	Capacidade nominal de armazenamento		Número de terminais
	Total (m³)	Percentual (%)	
Total	13 320 400,65	100,00	99
Aquaviário	9 344 158,34	70,15	56
Terrestre	3 976 242,32	29,85	43

Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

Tabela 4 - Capacidade nominal de armazenamento de terminais, segundo as Unidades da Federação - 2014

Unidades da Federação	Capacidade nominal de armazenamento de terminais	
	Total (m³)	Percentual (%)
Brasil	13 320 400,65	100,00
São Paulo	5 494 438,39	41,25
Rio de Janeiro	2 341 138,00	17,58
Rio Grande do Sul	1 107 144,00	8,31
Bahia	1 045 132,11	7,85
Paraná	649 677,80	4,88
Santa Catarina	580 834,00	4,36
Pernambuco	473 381,00	3,55
Rio Grande do Norte	315 157,45	2,37
Espírito Santo	268 273,00	2,01
Maranhão	234 597,00	1,76
Sergipe	155 788,00	1,17
Amazonas	145 761,43	1,09
Goiás	142 679,00	1,07
Minas Gerais	106 540,78	0,80
Distrito Federal	81 879,00	0,61
Alagoas	57 897,00	0,43
Pará	47 434,00	0,36
Paraíba	37 094,00	0,28
Tocantins	15 474,00	0,12
Mato Grosso do Sul	12 444,70	0,09
Piauí	7 636,00	0,06

Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

O Mapa 2 mostra que os terminais aquaviários e terrestres possuem certo nível de interconexão por meio, principalmente, de oleodutos. Esse modal de transporte, que é utilizado para petróleo e derivados, conecta terminais, refinarias e bases de distribuição e constitui um importante elo da logística do petróleo. A maioria deles está próxima às refinarias, e o maior em extensão é o Oleoduto São Paulo-Brasília - OSBRA³. As rodovias, ferrovias e hidrovias também constituem a rede de ligações entre os terminais.

³ Para informações mais detalhadas, consultar: PETROBRAS TRANSPORTE. Transpetro ampliará capacidade operacional de oleoduto que liga São Paulo a Brasília. Rio de Janeiro: Transpetro, 2014. Notícia de 30 set. 2014. Disponível em: <http://www.transpetro.com.br/pt_br/imprensa/noticias/transpetro-ampliar-capacidade-operacional-de-oleoduto-que-liga-sao-paulo-a-brasilia.html>. Acesso em: maio 2016.

Refino e produção de derivados de petróleo

Após ser extraído das jazidas e transportado até os terminais e oleodutos, o petróleo chega às refinarias. O processo de refino consiste no tratamento do petróleo cru para gerar derivados, em procedimentos como a destilação, o fracionamento, o craqueamento etc. Desse modo, obtêm-se derivados de petróleo com diferentes características, tais como densidade, viscosidade e potencial energético. Além das refinarias, há outros tipos de unidades que produzem derivados de petróleo, ainda que o foco seja a produção de produtos da indústria química e derivados não energéticos, como é o caso das centrais de matérias-primas petroquímicas, formuladores e produtores de solventes.

O Mapa 3 mostra que a distribuição geográfica das refinarias no Brasil é significativamente desigual e que a maioria delas encontra-se mais próxima à costa. A Região Centro-Oeste, por exemplo, não possui nenhuma unidade de produção de derivados em seu território. A partir da comparação com os Mapas 1 e 2, nota-se que há uma certa proximidade entre as principais áreas de produção de petróleo e as refinarias.

O País conta com 17 refinarias, entre as quais cinco estão presentes no Estado de São Paulo, conforme se vê na Tabela 5. Apenas outros três estados possuem mais de uma refinaria: Bahia, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, com duas refinarias cada um. Essas Unidades da Federação também possuem maior capacidade de refino: São Paulo, 39,0%; Bahia, 16,1%; Rio de Janeiro, 10,9%; e Rio Grande do Sul, 9,3%. A Região Centro-Oeste não possui nenhuma refinaria, e a Região Norte conta com apenas uma, no Município de Manaus (AM). No total, apenas 10 das 27 Unidades da Federação abrigam refinarias. Embora o Estado de São Paulo seja o maior produtor nacional de derivados de petróleo, nenhuma refinaria se localiza na capital paulista - a com maior capacidade de refino no País é a Refinaria de Paulínia - REPLAN, situada no município de mesmo nome, totalizando 433 997,7 barris/dia.

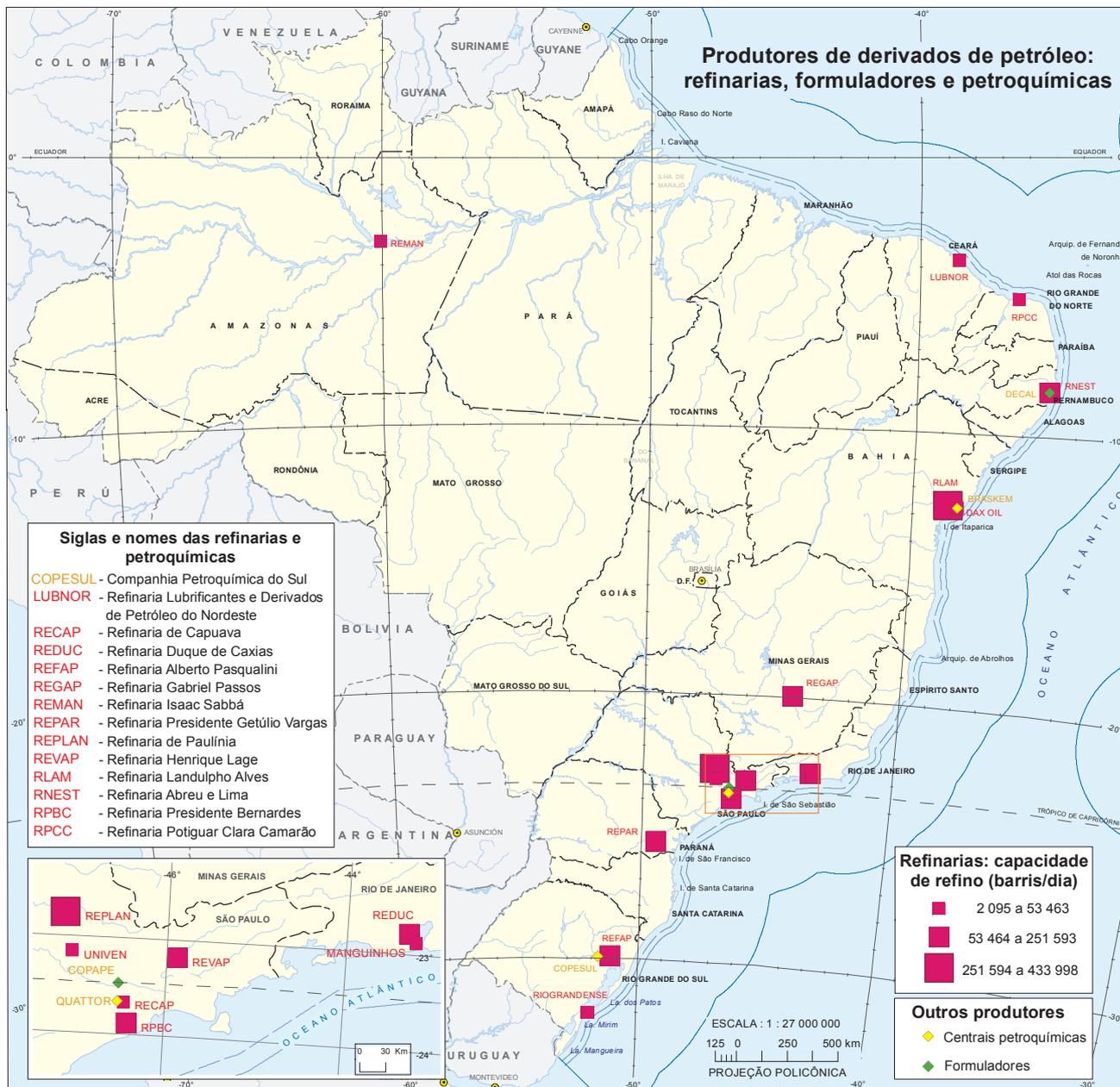
Os tipos de derivados de petróleo produzidos em refinarias, formuladores e centrais petroquímicas podem ser muito variáveis em termos de volume produzido: há unidades mais especializadas em derivados não energéticos, como lubrificantes, resinas e nafta, enquanto outras, em derivados energéticos. A Refinaria Lubrificantes e Derivados do Nordeste - LUBNOR, em Fortaleza (CE), por exemplo, é uma unidade mais especializada em derivados não energéticos. Em outros casos, há unidades que priorizam determinado derivado energético em vez de produzir todos igualmente.

Tabela 5 - Capacidade de refino e número de refinarias, segundo as Unidades da Federação - 2014

Unidades da Federação	Capacidade de refino		Número de refinarias
	Total (barris/dia)	Percentual (%)	
Brasil	2 352 261,51	100,00	17
São Paulo	918 037,33	39,03	5
Bahia	379 483,86	16,13	2
Rio de Janeiro	255 995,77	10,88	2
Rio Grande do Sul	218 288,29	9,28	2
Paraná	207 564,14	8,82	1
Minas Gerais	166 051,31	7,06	1
Pernambuco	115 009,40	4,89	1
Amazonas	45 915,70	1,95	1
Rio Grande do Norte	37 738,94	1,60	1
Ceará	8 176,77	0,35	1

Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

**Mapa 3 - Produtores de derivados de petróleo:
refinarias, formuladores e petroquímicas - 2015**



Fontes: 1. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&r=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016. 2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Formulação de combustíveis. In: _____. Autorizações para refino de petróleo, processamento de gás natural e produção de derivados. Rio de Janeiro: ANP, [2015d]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=73795&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&r=&ps=&1438796957404>>. Acesso em: jul. 2015. 3. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Processamento de petróleo (b). In: _____. Refino e processamento de gás natural: dados mensais. Rio de Janeiro: ANP, [2015p]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=18599&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&r=&ps=&1438638204643>>. Acesso em: jul. 2015. 4. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Produção de combustíveis por centrais petroquímicas. In: _____. Autorizações para refino de petróleo, processamento de gás natural e produção de derivados. Rio de Janeiro: ANP, [2015f]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=73795&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&r=&ps=&1438796957404>>. Acesso em: jul. 2015.

Nota: As refinarias, formuladores e centrais petroquímicas representados são aqueles que produziram derivados de petróleo em maio de 2015.

São Paulo possui produção superior à dos demais estados em quase todos os derivados energéticos, exceto nas categorias óleo combustível e outros energéticos, cujos maiores produtores são, respectivamente, Bahia e Rio Grande do Norte (Tabela 6). Nota-se que, quando se trata da produção de óleo diesel, a predominância de São Paulo é ainda mais expressiva, com 46,9% do volume total. Este estado é o único que produz gasolina de aviação, usada em pequenas aeronaves, oriunda unicamente da Refinaria Presidente Bernardes - Cubatão - RPBC, localizada no município de mesmo nome. Entretanto, o querosene de aviação, usado nas aeronaves maiores, é produzido na maioria dos estados que possuem refinarias, com exceção de Pernambuco e Ceará.

Tabela 6 - Volume de derivados de petróleo produzido nas refinarias, petroquímicas e formuladores em maio de 2015, segundo as Unidades da Federação - 2015

Unidades da Federação	GLP		Gasolina A		Gasolina e aviação		Querosene de aviação	
	Total (m ³)	Per-centual (%)						
Brasil	651 801,53	100,00	2 396 630,34	100,00	7 017,00	100,00	474 000,00	100,00
Amazonas	7 330,75	1,12	32 226,00	1,34	-	0,00	17 268,00	3,64
Bahia	101 327,87	15,55	311 773,40	13,01	-	0,00	21 164,00	4,46
Ceará	734,97	0,11	-	0,00	-	0,00	-	0,00
Minas Gerais	58 087,33	8,91	199 795,00	8,34	-	0,00	66 149,00	13,96
Pernambuco	2 629,97	0,40	19 345,63	0,81	-	0,00	-	0,00
Paraná	65 991,57	10,12	264 362,00	11,03	-	0,00	20 697,00	4,37
Rio de Janeiro	87 995,05	13,50	209 924,94	8,76	-	0,00	124 522,00	26,27
Rio Grande do Norte	-	0,00	47 494,00	1,98	-	0,00	8 757,00	1,85
Rio Grande do Sul	84 069,57	12,90	316 386,36	13,20	-	0,00	19 939,00	4,21
São Paulo	243 634,45	37,38	995 323,01	41,53	7 017,00	100,00	195 504,00	41,25

Unidades da Federação	Óleo diesel		Óleo combustível		Outros energéticos	
	Total (m ³)	Per-centual (%)	Total (m ³)	Per-centual (%)	Total (m ³)	Per-centual (%)
Brasil	4 427 701,04	100,00	1 299 725,24	100,00	40 359,00	100,00
Amazonas	59 488,00	1,34	27 453,88	2,11	6 765,00	16,76
Bahia	506 826,00	11,45	404 889,25	31,15	-	0,00
Ceará	3 137,02	0,07	9 107,20	0,70	-	0,00
Minas Gerais	328 694,00	7,42	68 542,40	5,27	-	0,00
Pernambuco	176 008,00	3,98	10 654,39	0,82	-	0,00
Paraná	509 949,00	11,52	60 872,21	4,68	-	0,00
Rio de Janeiro	296 235,80	6,69	268 737,86	20,68	-	0,00
Rio Grande do Norte	20 335,00	0,46	97 768,82	7,52	18 603,00	46,09
Rio Grande do Sul	452 494,21	10,22	33 955,27	2,61	14 991,00	37,14
São Paulo	2 074 534,00	46,85	317 743,95	24,45	-	0,00

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Produção de derivados (m³). In: _____. Refino e processamento de gás natural: dados mensais. Rio de Janeiro: ANP, [2015s]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=18599&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438638204643>>. Acesso em: jul. 2015.

Nota: Não inclui a produção da Unidade de Industrialização do Xisto - SIX, localizada em São Mateus do Sul (PR).

O Brasil não é autossuficiente na produção de derivados de petróleo, cuja importação líquida foi, em média, 47,6 mil m³/dia em 2014. O indicador de dependência externa de petróleo e seus derivados foi de 7,0% nesse mesmo ano (Tabela 7).

Tabela 7 - Dependência externa de petróleo e seus derivados - 2014

Especificação	Total (1 000 m ³ /dia)	Percentual relativo ao consumo (%)
Produção de petróleo (a) (1)	373,03	93,05
Importação líquida de petróleo (b) (2)	(-) 19,71	(-) 4,92
Importação líquida de derivados (c)	47,58	11,87
Consumo aparente (d)=(a)+(b)+(c)	400,91	100,00
Dependência externa (e)=(d)-(a)	27,87	6,95

Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

(1) Inclui condensado e LGN. (2) Inclui condensado.

Produção, transporte e armazenamento de gás natural

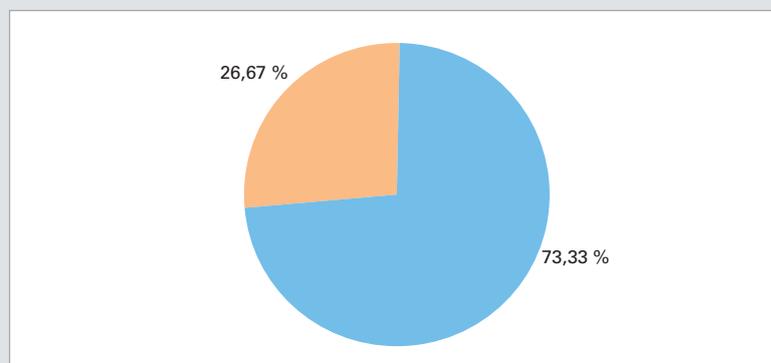
Produção de gás natural

Com frequência, o gás natural é encontrado associado às reservas de petróleo. A comparação entre os Mapas 1 e 4 permite verificar claramente que os campos de produção de petróleo são basicamente os mesmos que produzem o gás, no entanto, a distribuição geográfica do volume produzido de gás natural possui algumas diferenças em relação às maiores áreas produtoras de petróleo.

Do mesmo modo que ocorre com a produção de petróleo, a maior parte do volume produzido de gás natural tem predomínio de origem marítima, 73,3%, contra 26,7% de origem terrestre, conforme observado no Gráfico 4. Todavia, nota-se que é uma proporção significativamente menos concentrada que a do petróleo, cuja produção em ambiente marítimo alcançou 92,5%, como visto no Gráfico 1.

A produção de gás natural no pré-sal representa apenas 19,6% do total extraído no País (Gráfico 5), proporção levemente menor que a do volume de petróleo extraído dessa camada (21,9%), como visto no Gráfico 2. Neste caso, além da incipiência da produção, há que se considerar o fato de haver maior produção de gás natural em áreas continentais em relação ao petróleo, além de todas as áreas terrestres se situarem fora do polígono do pré-sal.

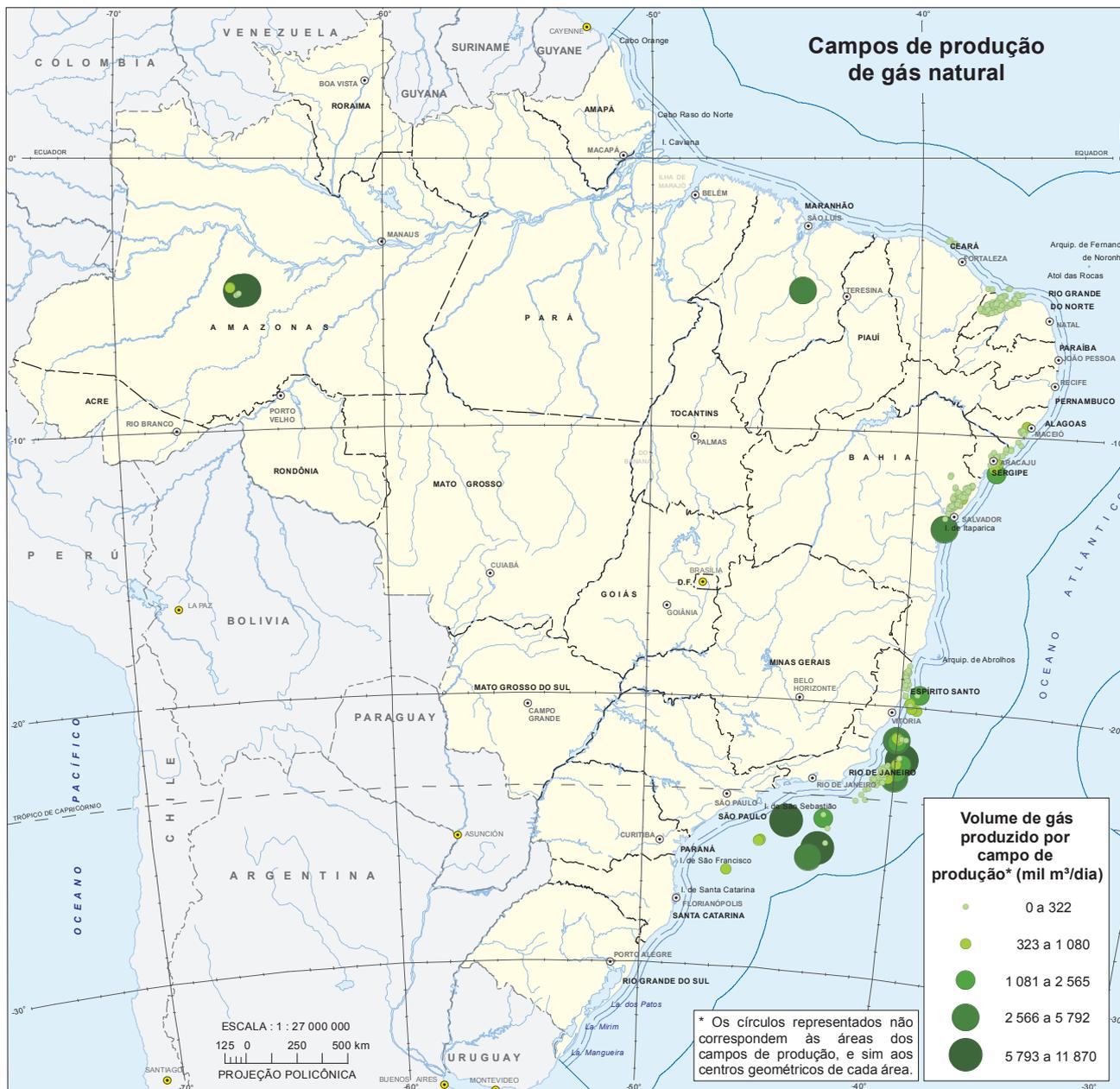
**Gráfico 4 - Produção nacional de gás natural, por localização
Brasil - 2014**



■ Mar ■ Terra

Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

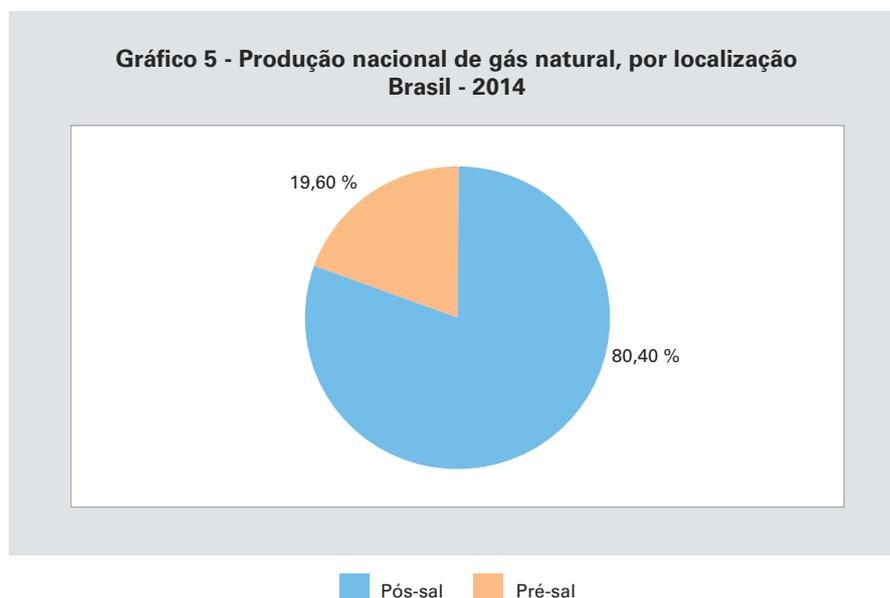
Mapa 4 - Volume de gás natural produzido, por campos de produção - jun. 2015



Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, Banco de Dados de Exploração e Produção 2015.

Embora a maior parte da produção ocorra em ambiente marinho, contabiliza-se por Unidades da Federação mediante a projeção dos respectivos limites estaduais no mar. Dessa forma, observa-se que o Estado do Rio de Janeiro é o maior produtor de gás natural do País, totalizando 34,8% do volume nacional. Cabe ressaltar, no entanto, que a proporção do volume produzido de gás natural é bem menor que a do volume de petróleo, cuja produção no estado alcançou 68,4% do total, como visto na Tabela 1. Mesmo assim, a produção de gás natural do Rio de Janeiro representa mais que o dobro da produção da segunda Unidade da Federação classificada, o Espírito Santo, que extrai 14,9% do total. Os Estados do Amazonas e São Paulo detêm produções significativas, com 14,7% e 13,1% do total nacional, respectivamente. Esses dados reiteram a grande concentração do volume de produção nas Bacias de Campos e de

Santos, apesar de a dispersão verificada na produção de gás natural por Unidades da Federação ser muito superior àquela observada na produção de petróleo (Tabela 8).



Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

**Tabela 8 - Produção nacional de gás natural,
segundo as Unidades da Federação - 2014**

Unidades da Federação	Produção nacional de gás natural	
	Total (1 000 000 m³)	Percentual (%)
Brasil	31 894,88	100,00
Rio de Janeiro	11 097,35	34,79
Espírito Santo	4 749,54	14,89
Amazonas	4 703,83	14,75
São Paulo	4 163,08	13,05
Bahia	3 096,68	9,71
Maranhão	1 968,44	6,17
Sergipe	1 057,99	3,32
Alagoas	535,31	1,68
Rio Grande do Norte	489,90	1,54
Ceará	32,75	0,10

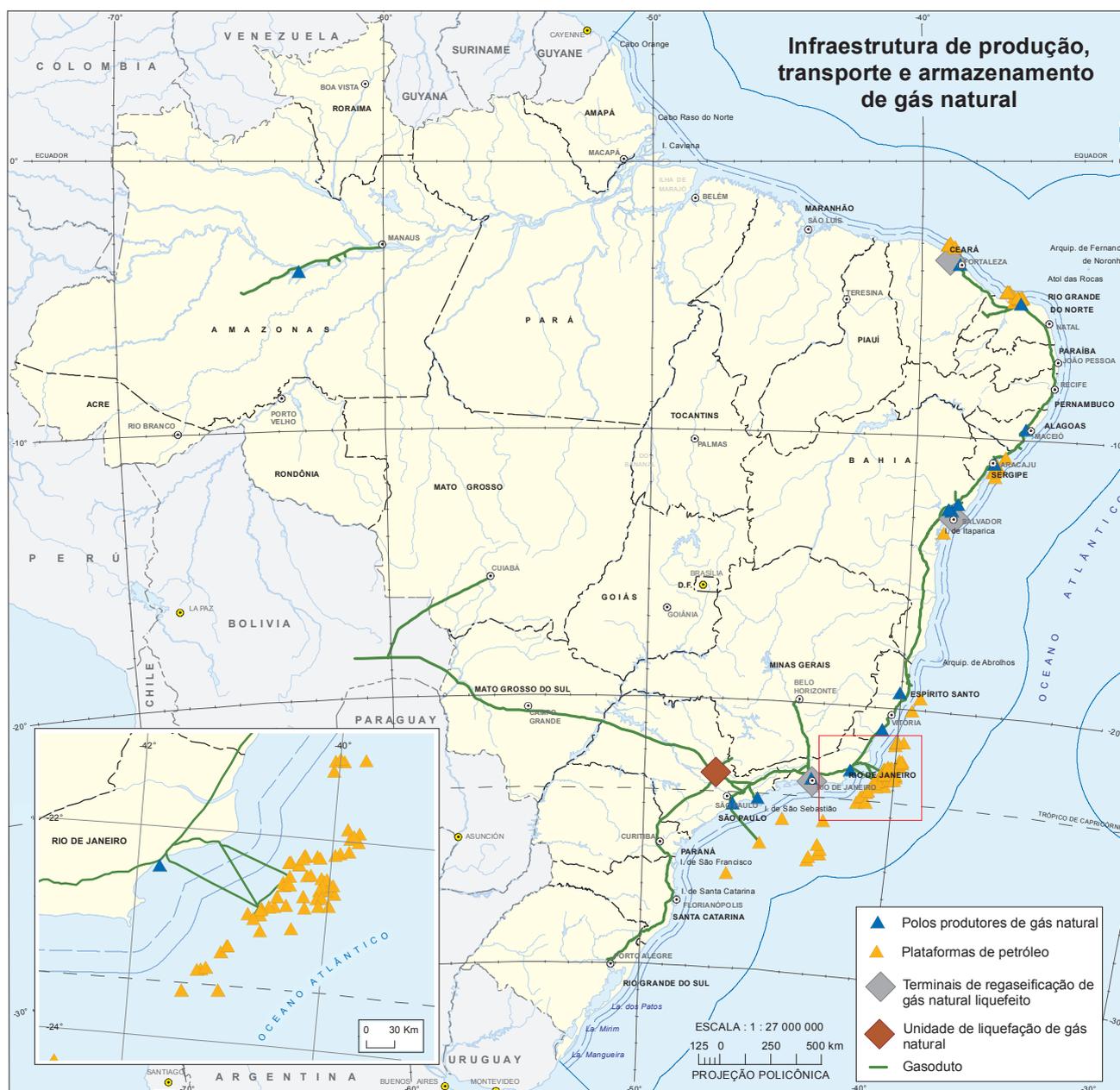
Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

Infraestruturas de produção, transporte e armazenamento de gás natural

Parte da infraestrutura de produção de gás natural é a mesma utilizada para a extração de petróleo, sobretudo os poços produtores e as plataformas. Contudo, ao contrário do petróleo, o gás natural é muito mais difícil de ser armazenado e transportado, pois é muito volumoso e encontra-se em estado gasoso. Por esse motivo, parte significativa do gás é utilizada nas plataformas para a geração de energia que garanta seus processos

internos; parte é injetada no substrato para efetuar ajustes de pressão necessários aos campos de produção; e parte é queimada nas plataformas, por ser considerado um gás excedente para o qual o sistema de transporte e o consumo não têm demanda ou capacidade de escoamento. A distribuição espacial da infraestrutura de produção do gás natural encontra-se no Mapa 5.

Mapa 5 - Infraestrutura de produção, transporte e armazenamento de gás natural - 2015



Fontes: 1. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&r=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016. 2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). _____. Unidade estacionária de produção 2015. In: _____. *Plataformas em operação*. Rio de Janeiro: ANP, [2015]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=67467&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&r=&ps=&1465231606273>>. Acesso em: ago. 2015. 3. _____. Mapas de concessões. Rio de Janeiro: ANP, [2015e]. Disponível em: <http://www.brasil-rounds.gov.br/portugues/mapas_de_concessoes.asp>. Acesso em: jul. 2015. 4. Boletim mensal de acompanhamento da indústria de gás natural. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, Departamento de Gás Natural, n. 98, maio 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138769/1732803/Boletim_Gas_Natural_nr_98_mai_15.pdf>. Acesso em: maio 2016.

O escoamento de gás natural é muito mais dependente do transporte dutoviário do que o de petróleo e seus derivados. Por esse motivo, a malha de gasodutos é bastante extensa, e há alguns deles que percorrem centenas de quilômetros mar adentro para alcançar determinadas plataformas e campos de produção. O destino desses gasodutos, conforme indica o Mapa 4, são os polos de processamento e as unidades de regaseificação e liquefação de gás natural, bem como as refinarias e os principais centros de distribuição.

O Brasil não é autossuficiente na produção de gás natural, necessitando de um volume significativo de importações para suprir a demanda interna. Em 2014, o volume importado foi pouco mais de 17 bilhões de metros cúbicos. Dois tipos de infraestrutura cumprem papel fundamental nessa importação: o Gasoduto Brasil-Bolívia, que transporta o produto do país vizinho para ser comercializado no Brasil, percorrendo quase a totalidade dos Estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo; e as unidades de regaseificação de gás natural.

O comércio exterior de gás natural a longas distâncias e sem a existência de gasodutos é efetuado por navios metaneiros, que são preparados para carregar, a baixas temperaturas, o gás natural em estado líquido - o gás natural liquefeito (GNL). Dessa forma, o volume de gás é muito menor, possibilitando o transporte marítimo de longo curso. O processamento do gás natural para gerar o GNL é realizado nas unidades de liquefação⁴. No Brasil, há apenas uma unidade desse tipo, localizada no Município de Paulínia (SP); entretanto ela é utilizada para distribuir gás natural a longas distâncias para indústrias e outros clientes e utiliza carretas adaptadas ao carregamento de GNL⁵. Para o recebimento de GNL proveniente do exterior, há três terminais de regaseificação nos Municípios de São Gonçalo do Amarante (CE), Salvador (BA) e Rio de Janeiro (RJ).

Processamento de gás natural

O processamento de gás natural consiste na separação das frações mais leves e pesadas do gás (metano, etano, propano, butano etc.) para gerar derivados, como o gás liquefeito de petróleo (GLP), o gás seco, a gasolina natural, entre outros. Tal processamento também é utilizado como método de padronização do gás natural a ser distribuído e como mecanismo de eliminação de impurezas.

A distribuição dos polos produtores de gás natural, exibida no Mapa 6, segue um padrão próximo ao das refinarias, ou seja, está mais concentrada na costa e numa distância relativamente próxima à produção. Em muitos casos, as refinarias e os polos produtores operam em espaços muito próximos, dentro de um complexo petroquímico, por exemplo.

A Região Sudeste apresenta a maior capacidade de processamento de gás natural do País (Tabela 9), destacando-se São Paulo, com 23,1% do total nacional, proporção muito próxima à observada no Rio de Janeiro, 22,6%, vindo a seguir o Espírito Santo, com 19,2%. Percebe-se também que esses três estados possuem mais de um polo de processamento de gás natural. Destaca-se, ainda, a Bahia, pois, apesar de ser superada em capacidade de processamento pelo Amazonas, trata-se do estado que possui o maior número de polos de processamento, totalizando três.

⁴ Para informações mais detalhadas, consultar: AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS (Brasil). *O gás natural liquefeito no Brasil: experiência da ANP na implantação dos projetos de importação de GNL*. Rio de Janeiro: ANP, 2010. 73 p. (Séries temáticas ANP, n. 4). Disponível em: <www.anp.gov.br/?dw=36796>. Acesso em: maio 2016.

⁵ A esse respeito, consultar: WHITE MARTINS. *Gás natural liquefeito (GNL): levando o gás natural para o interior do Brasil*. Rio de Janeiro, [2015]. Disponível em: <<http://www.praxair.com.br/gases/natural-gas/gnl>>. Acesso em: maio 2016.

Mapa 6 - Capacidade de processamento de gás natural, por polo produtor - 2014



Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

Tabela 9 - Capacidade de processamento de gás natural, segundo as Unidades da Federação - 2014

Unidades da Federação	Capacidade de processamento de gás natural	
	Total (1 000 m ³ /dia)	Percentual (%)
Brasil	96 390	100,00
São Paulo	22 300	23,14
Rio de Janeiro	21 740	22,55
Espírito Santo	18 500	19,19
Amazonas	12 200	12,66
Bahia	10 800	11,20
Rio Grande do Norte	5 700	5,91
Sergipe	3 000	3,11
Alagoas	1 800	1,87
Ceará	350	0,36

Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

Produção de biocombustíveis

No Brasil, há uma tendência ao estímulo, por parte do Estado, ao consumo de combustíveis de fontes renováveis e que causem menor poluição atmosférica, de modo a diminuir a dependência dos derivados de petróleo. Esse fenômeno pode ser verificado por meio do acompanhamento da produção dos dois principais biocombustíveis no País: o etanol e o biodiesel. Ambos vêm tendo seu consumo estimulado por iniciativas governamentais no sentido de inseri-los na composição da gasolina e do óleo diesel. Para o propósito deste estudo, cumpre verificar a distribuição geográfica das mais expressivas matérias-primas para a produção dos biocombustíveis, bem como a espacialização no Território Nacional das usinas e a sua capacidade produtiva.

Produção de etanol

O etanol é um biocombustível com origem em matéria orgânica, cujo mais importante constituinte é o álcool etílico. Seu principal uso energético é como combustível para motores de ignição por centelha. Há dois tipos elementares de etanol: o hidratado e o anidro. O etanol hidratado contém em torno de 96% de etanol e 4% de água e constitui o combustível vendido ao consumidor nos postos revendedores; o etanol anidro possui menos de 1% de água em sua composição e é diluído na gasolina comum, segundo proporção definida legalmente. As normas atuais estabelecem que o Poder Executivo pode alterar a proporção obrigatória de adição de etanol anidro combustível à gasolina, entre 18,0% e 27,5%, conforme disposto na Lei n. 13.033, de 24.09.2014. Este percentual é definido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, condicionado à aprovação do Conselho Interministerial do Açúcar e do Alcool - CIMA. Em 2015, a proporção obrigatória de etanol anidro combustível na gasolina comum era de 27%, e na gasolina Premium, 25%, de acordo com a Portaria n. 75, de 05.03.2015, daquele Ministério. Atualmente, a matéria-prima mais utilizada no Brasil para a produção de etanol é a cana-de-açúcar, cuja participação nessa produção é de 97,1%, segundo a ANP (BOLETIM DO ETANOL, 2015).

Mapa 7 - Áreas de concentração da produção de cana-de-açúcar, capacidade de produção de etanol, por município e centros coletores de álcool - 2015



Fontes: 1. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes 2013. Rio de Janeiro: IBGE, v. 40, 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2014/default.shtm>>. Acesso em: maio 2016. 2. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016. 3. Boletim do etanol. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, n. 4, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=79694>>. Acesso em: maio 2016. 4. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Simpweb etanol: cadastro de produtor de etanol. Rio de Janeiro: ANP, [2015n]. Disponível em: <<http://app.anp.gov.br/anp-cpl-web/public/etanol/consulta-produtores/consulta.xhtml>>. Acesso em: jul. 2015.

Nota: As extensões ocupadas por Terras Indígenas e Unidades de Conservação foram descontadas das áreas dos municípios que concentram 93,4% da produção de cana-de-açúcar do País.

A cana-de-açúcar, principal matéria-prima para a produção de etanol, tem suas maiores concentrações de áreas produtivas nos estados da Região Centro-Oeste, além de São Paulo e Minas Gerais. No litoral nordestino, destacam-se os Estados de Sergipe e Rio Grande do Norte. O Mapa 7 mostra que grande parte da capacidade produtiva das usinas de etanol estão localizadas em áreas municipais que constituem as maiores produções de cana-de-açúcar. Essa correlação sugere que a logística da produção e transporte da cana-de-açúcar possui grande nível de influência na escolha das localizações das usinas de etanol. Os centros coletores de etanol, terminais destinados ao seu armazenamento e escoamento, estão concentrados nas áreas mais produtivas de cana-de-açúcar e usinas de etanol, sobretudo no Estado de São Paulo, que abriga cinco dos oito centros coletores nacionais.

São Paulo é o estado que detém a maior capacidade produtiva de etanol no País, 48,2%, ou seja, quase a metade de todo o volume nacional. Essa grande expressão produtiva concentra-se no interior do estado, onde se localiza a mais importante área de cana-de-açúcar do Brasil. Goiás e Minas Gerais concentram parte significativa da produção, ambos com mais de 10% do total. Mato Grosso do Sul, Paraná, Mato Grosso, Alagoas, Paraíba e Espírito Santo registram proporções superiores a 1%, enquanto as demais Unidades da Federação não chegam a 1% da capacidade nacional produtiva de etanol (Tabela 10).

A mistura do etanol anidro à gasolina comum para cumprir a composição mínima na legislação em vigor ocorre fundamentalmente nas bases de distribuição de combustíveis líquidos. Nesta etapa da cadeia produtiva dos derivados de petróleo, ocorre a conexão com a cadeia produtiva do etanol, havendo o compartilhamento de infraestruturas e a exigência de ordenamentos logísticos precisos. Além disso, o etanol hidratado também é distribuído por meio das bases de distribuição.

Tabela 10 - Capacidade de produção de etanol, segundo as Unidades da Federação - 2015

Unidades da Federação	Capacidade de produção de etanol	
	Total (m³/dia)	Percentual (%)
Brasil	312 107	100,00
São Paulo	150 437	48,20
Goiás	40 705	13,04
Minas Gerais	31 799	10,19
Mato Grosso do Sul	26 004	8,33
Paraná	19 133	6,13
Mato Grosso	12 714	4,07
Alagoas	8 735	2,80
Paraíba	4 120	1,32
Espírito Santo	3 787	1,21
Maranhão	2 910	0,93
Bahia	2 846	0,91
Tocantins	2 250	0,72
Sergipe	2 245	0,72
Rio Grande do Norte	1 373	0,44
Rio de Janeiro	810	0,26
Pará	600	0,19
Rondônia	600	0,19
Piauí	504	0,16
Ceará	233	0,07
Acre	140	0,04
Amazonas	100	0,03
Rio Grande do Sul	62	0,02

Fontes: 1. Boletim do etanol. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, n. 4, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=79694>>. Acesso em: maio 2016. 2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Simpweb etanol: cadastro de produtor de etanol. Rio de Janeiro: ANP, [2015n]. Disponível em: <<http://app.anp.gov.br/anp-cpl-web/public/etanol/consulta-produtores/consulta.xhtml>>. Acesso em: jul. 2015.

Produção de biodiesel

O biodiesel é um biocombustível gerado principalmente a partir de gorduras de matérias orgânicas animal e vegetal. Trata-se de um combustível projetado como alternativa de energia renovável aos motores de ignição por compressão, do ciclo diesel. A importância do biodiesel no Brasil se deu fundamentalmente a partir de 2008, quando passou a ser misturado, a uma proporção padronizada, no óleo diesel (BRASIL, 2015b). Tal proporção vem sendo aumentada paulatinamente desde então, de acordo com determinações do Conselho Nacional de Política Energética - CNPE. Segundo a Lei n. 13.033, de 24.09.2014, a proporção é de 7% de biodiesel no óleo diesel B⁶.

O biodiesel no Brasil, hoje, é produzido predominantemente do óleo de soja, que contribui com 76,9% do total de matérias-primas utilizadas nessa produção. A segunda matéria-prima, em termos proporcionais, é a gordura animal, com 19,8% do total, de origem preponderantemente bovina. Todos os outros componentes somados não passam de 3,3% do total de matérias-primas. Esses dados, presentes na Tabela 11, demonstram a relevância das áreas cultivadas de soja e daquelas com pecuária bovina e frigoríferos para a produção de biodiesel.

Tabela 11 - Matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel - Brasil - 2014

Matérias-primas	Quantidade de matérias-primas	
	Total (m ³)	Percentual (%)
Total	3 415 466,98	100,00
Óleo de soja	2 625 558,21	76,87
Gordura animal (1)	675 861,32	19,79
Óleo de algodão	76 792,47	2,25
Outros materiais graxos (2)	37 254,97	1,09

Fonte: Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

(1) Inclui gordura bovina, de frango e de porco. (2) Inclui óleo de palma, óleo de amendoim, óleo de nabo-forrageiro, óleo de girassol, óleo de mamona, óleo de sésamo, óleo de fritura usado e outros materiais graxos.

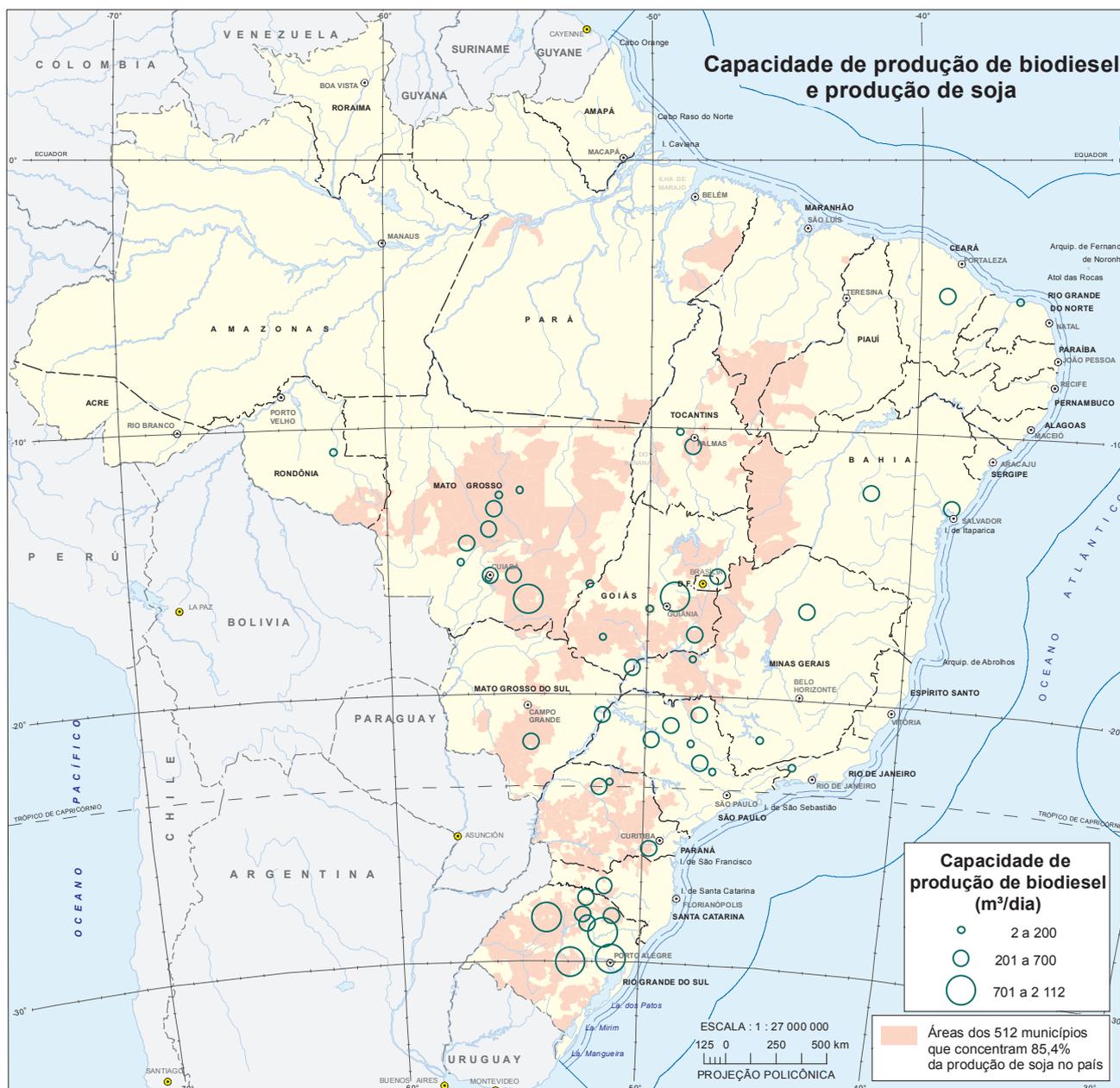
A soja, principal matéria-prima para a produção de biodiesel, tem suas maiores concentrações produtivas nas Regiões Sul e Centro-Oeste do País, bem como no extremo oeste da Região Nordeste. O Mapa 8 mostra que grande parte da capacidade produtiva das usinas de biodiesel está localizada em áreas municipais que apresentam as maiores produções de soja. A exceção mais expressiva é o Estado de São Paulo, que, apesar de possuir um número significativo de usinas, tem poucos municípios entre os maiores produtores de soja, o mesmo ocorrendo nos Estados de Minas Gerais, Bahia e Ceará. Essa correlação sugere que a logística da produção e do transporte de soja possui algum nível de influência na escolha das localizações das usinas de biodiesel.

A capacidade de produção de biodiesel tem sua maior expressão nos Estados do Rio Grande do Sul (27,3%) e Mato Grosso (23,4%) (Tabela 12). Essas duas Unidades da Federação são algumas das áreas mais relevantes de produção de soja nas últimas décadas. Goiás e São Paulo também apresentam capacidades produtivas de biodiesel significativas, embora bem abaixo da observada nos dois primeiros produtores.

⁶ No curso de produção da presente publicação, a Lei n. 13.033, de 24.09.2014, foi alterada pela Lei n. 13.263, de 23.03.2016, que estabeleceu os seguintes percentuais de adição obrigatória, em volume, de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do Território Nacional: 8% em até 12 meses, 9% em até 24 meses, e 10% em até 36 meses após a data de promulgação da referida lei.

A Região Norte e grande parte das Regiões Nordeste e Sudeste possuem pouca capacidade produtiva de biodiesel. Percebe-se que a localização das usinas segue um padrão oposto ao das refinarias e polos produtores de gás natural, que estão dispostos predominantemente no litoral.

Mapa 8 - Áreas de concentração da produção de soja e capacidade de produção de biodiesel, por município - 2015



Fontes: 1. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes 2013. Rio de Janeiro: IBGE, v. 40, 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2014/default.shtm>>. Acesso em: maio 2016. 2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Simpweb biodiesel: cadastro de produtor de biodiesel. Rio de Janeiro: ANP, [2015m]. Disponível em: <<http://app.anp.gov.br/anp-cpl-web/public/biodiesel/consulta-brodutores/consulta.xhtml>>. Acesso em: jul. 2015. 3. Boletim mensal do biodiesel. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=76420&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438029199152>>. Acesso em: maio 2016.

Nota: As extensões ocupadas por Terras Indígenas e Unidades de Conservação foram descontadas das áreas dos municípios que concentram 85,4% da produção de soja do País.

Tabela 12 - Capacidade de produção de biodiesel, segundo as Unidades da Federação - 2015

Unidades da Federação	Capacidade de produção de biodiesel	
	Total (m³/dia)	Percentual (%)
Brasil	20 792,50	100,00
Rio Grande do Sul	5 677,33	27,30
Mato Grosso	4 873,25	23,44
Goiás	2 828,00	13,60
São Paulo	2 055,00	9,88
Paraná	1 259,00	6,06
Mato Grosso do Sul	1 000,00	4,81
Bahia	963,42	4,63
Tocantins	581,00	2,79
Santa Catarina	510,00	2,45
Minas Gerais	431,13	2,07
Ceará	301,71	1,45
Rio de Janeiro	166,66	0,80
Rondônia	90,00	0,43
Rio Grande do Norte	56,00	0,27

Fontes: 1. Boletim mensal do biodiesel. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=76420&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438029199152>>. Acesso em: maio 2016. 2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Simpweb biodiesel: cadastro de produtor de biodiesel. Rio de Janeiro: ANP, [2015m]. Disponível em: <<http://app.anp.gov.br/anp-cpl-web/public/biodiesel/consulta-brodutores/consulta.xhtml>>. Acesso em: jul. 2015.

A mistura do biodiesel B100, o biodiesel puro, ao óleo diesel para cumprir a composição mínima estabelecida pela legislação em vigor ocorre fundamentalmente nas bases de distribuição de combustíveis líquidos e também em refinarias. É nesta etapa que a cadeia produtiva dos derivados de petróleo conecta-se com a cadeia produtiva do biodiesel, havendo compartilhamento de infraestruturas e a exigência de ordenamentos logísticos precisos.

Distribuição, revenda e consumo de derivados de petróleo, gás natural e biocombustíveis

A distribuição, revenda e consumo de derivados de petróleo, gás natural e biocombustíveis constituem os níveis logísticos em que essas diversas cadeias se encontram. Isso ocorre tanto pelo fato de as instalações de comercialização, em grande parte, serem as mesmas para todos esses recursos energéticos, quanto porque é primordialmente nesse nível que ocorre a mistura de derivados de petróleo e biocombustíveis. As infraestruturas utilizadas para esses processos são, possivelmente, as que a maioria das pessoas tem maior contato cotidiano, como os postos revendedores, por exemplo.

Distribuição

A distribuição de combustíveis líquidos e de GLP é a atividade que contempla o comércio atacadista desses produtos com os revendedores varejistas ou o comércio direto com os grandes consumidores. Além disso, os distribuidores são os responsáveis por adequar as misturas de gasolina/etanol e óleo diesel/biodiesel especificadas em lei. No caso do gás natural, os distribuidores são os agentes concessionários de áreas de distribuição de gás natural a todos os consumidores.

As bases de distribuição de combustíveis líquidos são responsáveis pelo comércio atacadista, principalmente, de gasolina C (a gasolina misturada ao etanol), óleo diesel, GLP, querosene de aviação e gasolina de aviação.

Observa-se, no Mapa 9, que as bases de distribuição de combustíveis líquidos estão espalhadas por todo o Território Nacional, embora com diferenças de capacidades de armazenamento (tancagem). O potencial de armazenamento é um indicativo do volume de derivados que a base comercializa, o que implica necessariamente uma grande concentração de capacidade de armazenamento de derivados nas maiores capitais do País. É possível perceber também que as bases de distribuição possuem conexões com os eixos rodoviários mais expressivos do território e com a rede de oleodutos. Com isso, os grandes volumes armazenados e transportados podem ser escoados das refinarias e terminais às bases e dessas, aos revendedores.

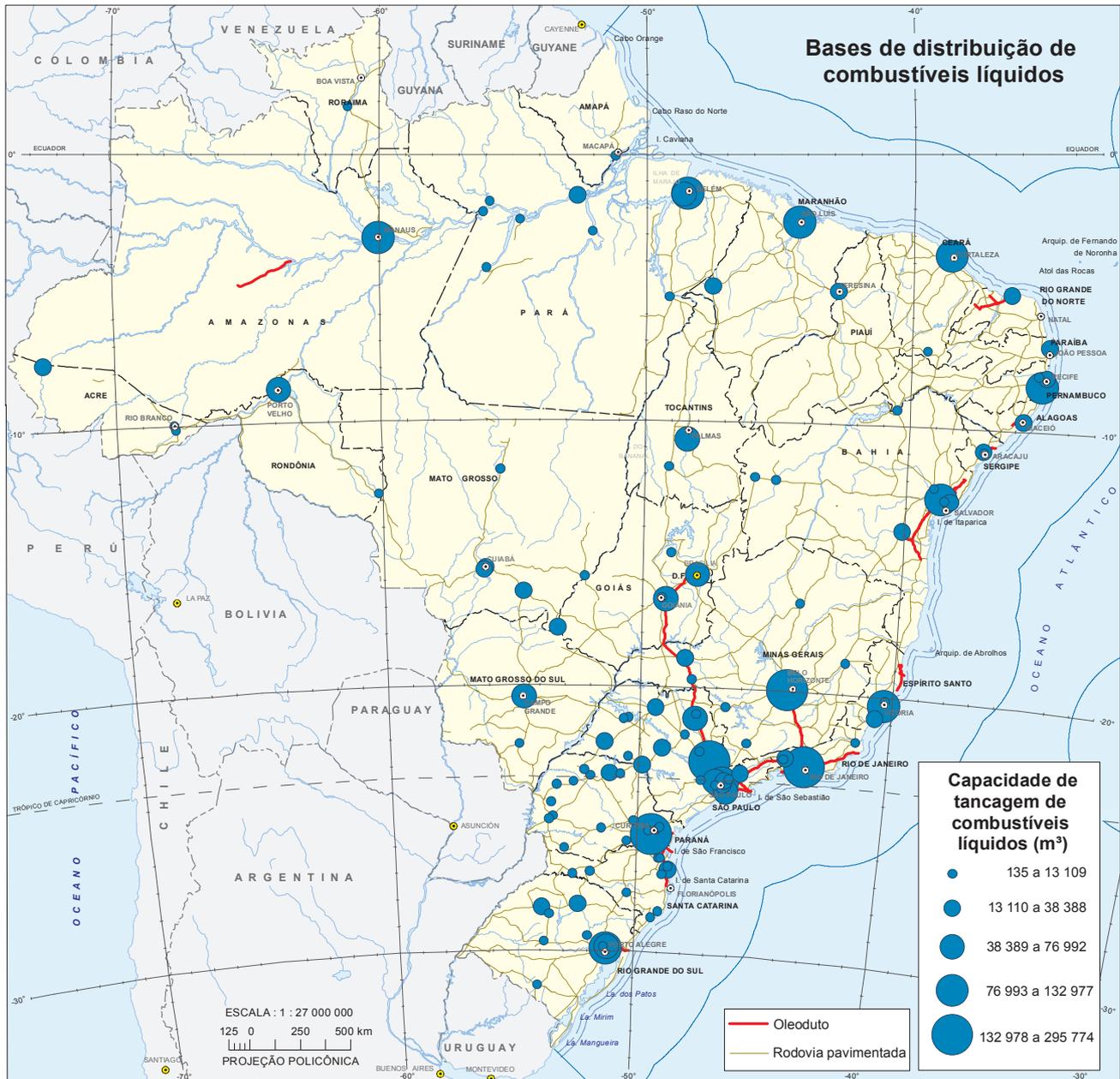
Das 282 bases de distribuição de combustíveis líquidos no Brasil, 91 localizam-se na Região Sudeste, o que corresponde a 32,3 % do total de unidades. A Região Sul, a segunda em número de bases, concentra 22,0% do total nacional. As outras regiões detêm números similares de bases de distribuição (Tabela 13).

Em termos de tancagem, a prevalência da Região Sudeste é ainda maior, pois concentra 40,6% da capacidade de armazenamento do País. A Região Nordeste, apesar de ter um número de bases de distribuição inferior ao da Região Sul, possui maior capacidade de tancagem que esta: 20,3% contra 17,1% (Tabela 14).

Percebe-se, por meio dessas análises, que as infraestruturas de distribuição de combustíveis líquidos são mais difundidas pelo território quando comparadas às etapas de produção e processamento dos derivados, as quais são extremamente concentradas. A distribuição, nesse caso, tem relação com as áreas de maior consumo de combustíveis e a disponibilidade de infraestruturas de transporte, como os oleodutos e as rodovias.

As bases de distribuição de GLP (Mapa 10) têm um padrão de disposição espacial muito próximo ao apresentado pelas bases de distribuição de combustíveis líquidos. A particularidade da distribuição e revenda de GLP envolve o seu armazenamento em recipientes (botijões) que mantêm a pressão interna do gás. Por esse motivo, a revenda de GLP pode ser dispersa pelo território, pois exige infraestruturas menos sofisticadas do que a dos postos revendedores.

Mapa 9 - Capacidade de tancagem das bases de distribuição de combustíveis líquidos, por município - 2015



Fontes: 1. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016. 2. Agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis (Brasil). Relação de bases compartilhadas. In: _____. Como funciona a distribuição de combustíveis líquidos no Brasil. Rio de Janeiro: ANP, [2015h]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74740&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438176446658>>. Acesso em: jul 2015. 3. _____. Relação de bases de combustíveis exclusiva. In: _____. Como funciona a distribuição de combustíveis líquidos no Brasil. Rio de Janeiro: ANP, [2015i]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74740&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438176446658>>. Acesso em: jul 2015.

A concentração regional da tancagem das bases de distribuição de GLP (Tabela 15) também se aproxima do padrão regional observado nas bases de combustíveis líquidos, destacando-se a Região Sudeste, que possui 45,1% da capacidade de armazenamento de GLP. Em outro sentido, destaca-se também a Região Centro-Oeste, que registra tancagem de apenas 4,9%, valor muito inferior ao observado nas demais regiões brasileiras.

A distribuição de gás natural no Brasil é regulada pelas Unidades da Federação, que estabelecem as áreas de concessão e as normas para a atividade de revenda. Ao contrário do que ocorre com as bases de distribuição de combustíveis e GLP, cuja distribuição é mais voltada para o comércio atacadista, no caso do gás natural, a distribuição destina-se a todos os setores de consumo, do residencial ao industrial, independentemente da quantidade.

Tabela 13 - Quantidade de bases de distribuição de combustíveis líquidos, segundo as Grandes Regiões - 2015

Grandes Regiões	Quantidade de bases de distribuição de combustíveis líquidos	
	Total	Percentual (%)
Brasil	282	100,00
Sudeste	91	32,27
Sul	62	21,99
Centro-Oeste	47	16,67
Norte	42	14,89
Nordeste	40	14,18

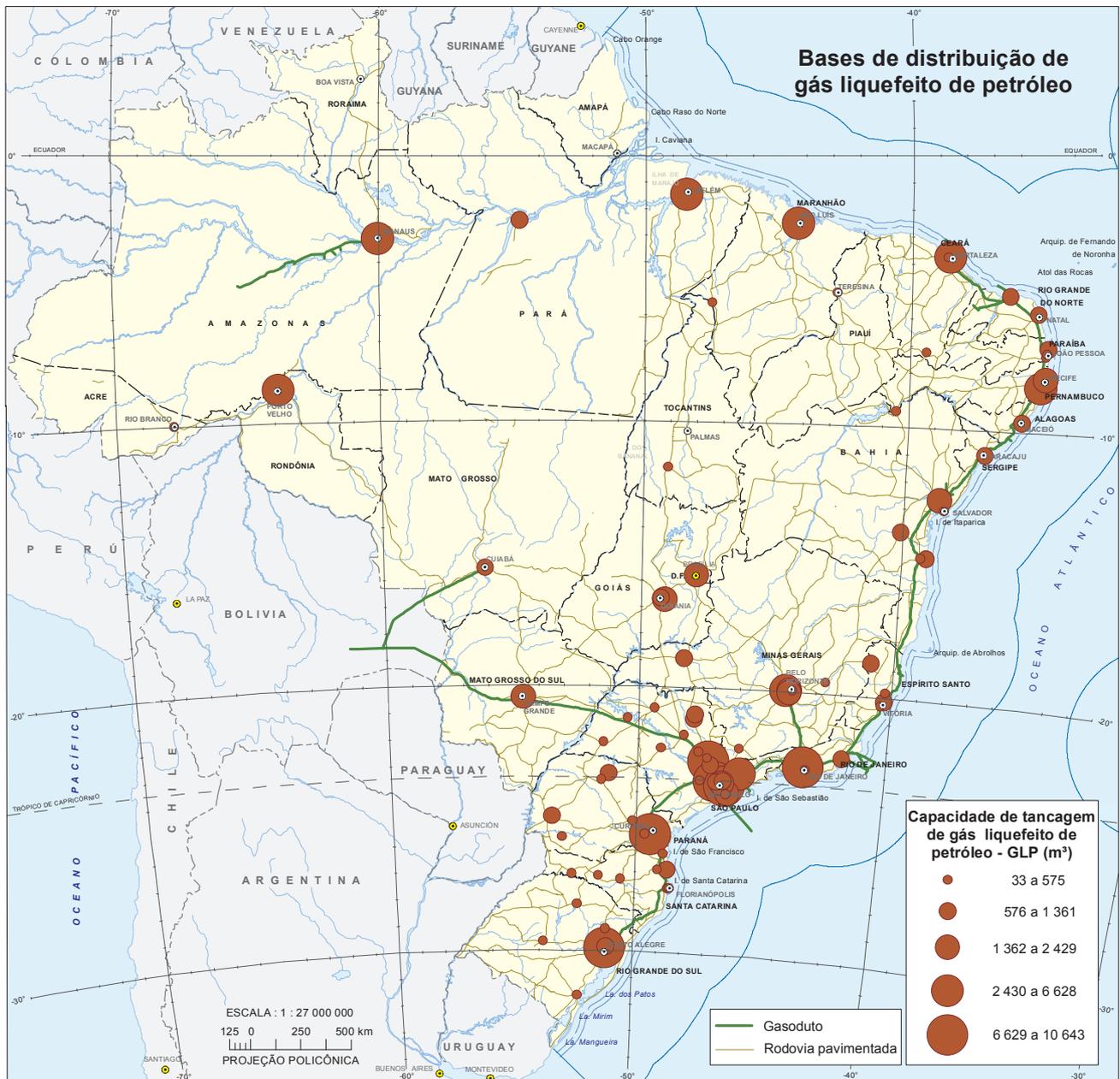
Fontes: 1. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Relação de bases compartilhadas. In: _____. Como funciona a distribuição de combustíveis líquidos no Brasil. Rio de Janeiro: ANP, [2015h]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74740&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438176446658>>. Acesso em: jul 2015.
2. _____. Relação de bases de combustíveis exclusiva. In: _____. Como funciona a distribuição de combustíveis líquidos no Brasil. Rio de Janeiro: ANP, [2015i]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74740&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438176446658>>. Acesso em: jul 2015.

Tabela 14 - Tancagem das bases de distribuição de combustíveis líquidos, segundo as Grandes Regiões - 2015

Grandes Regiões	Tancagem das bases de distribuição de combustíveis líquidos	
	Total (m³)	Percentual (%)
Brasil	3 461 281,64	100,00
Sudeste	1 404 924,07	40,59
Nordeste	701 507,13	20,27
Sul	592 655,99	17,12
Norte	503 955,37	14,56
Centro-Oeste	258 239,09	7,46

Fontes: 1. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Relação de bases compartilhadas. In: _____. Como funciona a distribuição de combustíveis líquidos no Brasil. Rio de Janeiro: ANP, [2015h]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74740&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438176446658>>. Acesso em: jul 2015.
2. _____. Relação de bases de combustíveis exclusiva. In: _____. Como funciona a distribuição de combustíveis líquidos no Brasil. Rio de Janeiro: ANP, [2015i]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74740&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438176446658>>. Acesso em: jul 2015.

Mapa 10 - Capacidade de tancagem das bases de distribuição de Gás Liquefeito de Petróleo - GLP, por município - 2015



Fontes: 1. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&r=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016. 2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Relação de bases de GLP. In: _____. Informações sobre o mercado. Rio de Janeiro: ANP, [2015j]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74512&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&r=&ps=&1440763661396>>. Acesso em: jul. 2015.

Tabela 15 - Tancagem das bases de distribuição de GLP, segundo as Grandes Regiões - 2015

Grandes Regiões	Tancagem das bases de distribuição de GLP	
	Total (m ³)	Percentual (%)
Brasil	146 819,07	100,00
Sudeste	66 164,57	45,07
Nordeste	32 114,07	21,87
Sul	23 871,42	16,26
Norte	17 538,12	11,95
Centro-Oeste	7 130,89	4,86

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Relação de bases de GLP. In: _____. Informações sobre o mercado. Rio de Janeiro: ANP, [2015j]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74512&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1440763661396>>. Acesso em: jul. 2015.

Os gasodutos representados no Mapa 11 são aqueles de transporte, os eixos estruturais da transmissão do gás natural pelo território, após passarem pelos polos de processamento de gás natural. No entanto, para o processo de distribuição, instalam-se os *city gates*, que são interligações entre os gasodutos de transporte e a malha de gasodutos que pertence às distribuidoras⁷.

Percebe-se, no Mapa 11, que a maioria dos estados tem uma empresa concessionária de distribuição de gás natural; as exceções ficam por conta de Tocantins, Acre, Amapá e Roraima. Cabe destacar que São Paulo e Rio de Janeiro são as únicas Unidades da Federação que abrigam mais de uma área de distribuição de gás natural.

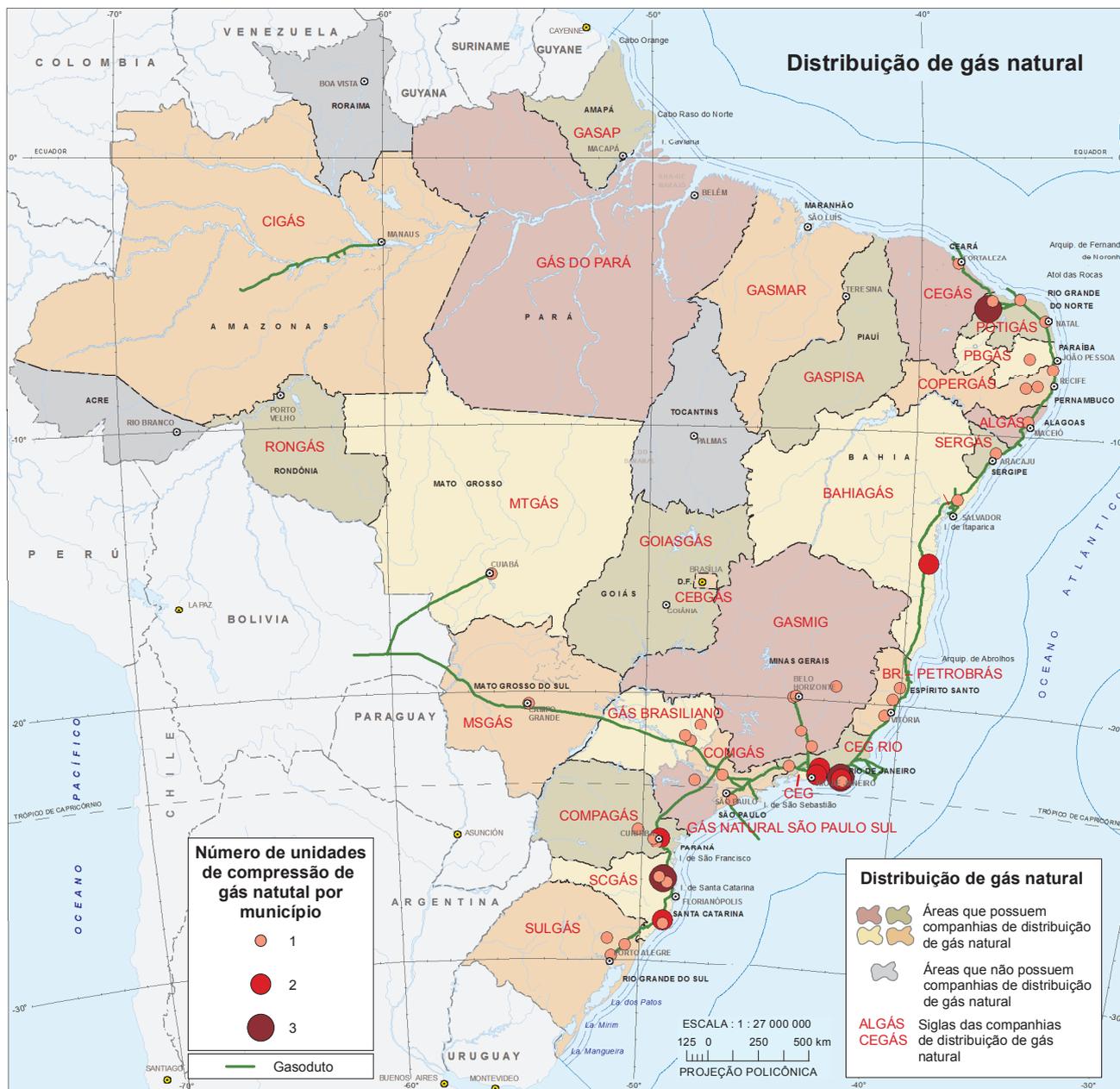
A distribuição de gás natural canalizado, sobretudo o residencial, é bem menos difundida do que a de energia elétrica, por exemplo. Parte desse fenômeno é explicado pelos custos de implantação da rede de distribuição.

O gás natural comprimido (GNC) é utilizado para possibilitar a distribuição de gás natural em áreas não abastecidas diretamente por gasodutos e *city gates*. Ao contrário do GNL, no GNC não há o processo de liquefação, portanto não há necessidade de mantê-lo a temperaturas tão baixas, constituindo, assim, uma logística menos complexa e mais adaptada à distribuição em distâncias menores que o GNL. A distribuição de gás natural na modalidade GNC constitui os chamados gasodutos virtuais, formados pelo sistema de unidades de compressão de gás, carretas de transporte de GNC, eixos rodoviários, unidades de descompressão e redes canalizadas de cidades e indústrias. No Mapa 11, percebe-se que a maioria das unidades de compressão está próxima aos gasodutos de transporte, embora seu propósito seja servir áreas não diretamente abastecidas por eles.

Dentre os estados com unidades de compressão de gás natural, que totalizam 59 no País, o Rio de Janeiro apresenta o maior número, 11, destacando-se a seguir Santa Catarina, com oito, além do Rio Grande do Norte e de São Paulo, ambos com seis (Tabela 16). Em termos regionais, o Sudeste se destaca com 42,4% do total de unidades de compressão. Nota-se, por outro lado, que a Região Norte não dispõe dessas estruturas, refletindo, em parte, a rarefeita presença de gasodutos na região (Tabela 17).

⁷ Para informações mais detalhadas, consultar: ANÁLISE da regulamentação, da estrutura da indústria e da dinâmica de formação dos preços do gás natural do Brasil. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, 2011. 44 p. Nota técnica conjunta n. 002/2011-CDC-SC, da Coordenadoria de Defesa da Concorrência e da Superintendência de Comercialização e Movimentação de Petróleo, seus Derivados e Gás Natural. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?dw=58828>>. Acesso em: maio 2016.

Mapa 11 - Áreas de distribuição de gás natural e quantidade de unidades de compressão de gás natural, por município - 2015



Fontes: 1. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016. 2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Distribuidores de gás natural comprimido (GNC) autorizados. Rio de Janeiro: ANP, 2015c. Disponível em: <www.anp.gov.br/?dw=60916>. Acesso em: jul. 2015. 3. Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado. Concessionárias. Rio de Janeiro: Abegás, [2015]. Disponível em: <http://www.abegas.org.br/Site/?page_id=839>. Acesso em: maio 2016. 4. Contratos de concessão de serviços públicos. Ver Referências.

Tabela 16 - Quantidade de unidades de compressão de gás natural, segundo as Unidades da Federação - 2015

Unidades da Federação	Quantidade de unidades de compressão de gás natural	
	Total	Percentual (%)
Brasil	59	100,00
Rio de Janeiro	11	18,64
Santa Catarina	8	13,56
Rio Grande do Norte	6	10,17
São Paulo	6	10,17
Minas Gerais	5	8,47
Paraná	5	8,47
Bahia	3	5,08
Espírito Santo	3	5,08
Pernambuco	3	5,08
Rio Grande do Sul	3	5,08
Alagoas	1	1,69
Ceará	1	1,69
Mato Grosso do Sul	1	1,69
Mato Grosso	1	1,69
Paraíba	1	1,69
Sergipe	1	1,69

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Distribuidores de gás natural comprimido (GNC) autorizados. Rio de Janeiro: ANP, 2015c. Disponível em: <www.anp.gov.br/?dw=60916>. Acesso em: jul. 2015.

Tabela 17 - Quantidade de unidades de compressão de gás natural, segundo as Grandes Regiões - 2015

Grandes Regiões	Quantidade de unidades de compressão de gás natural	
	Total	Percentual (%)
Brasil	59	100,00
Sudeste	25	42,37
Nordeste	16	27,12
Sul	16	27,12
Centro-Oeste	2	3,39
Norte	0	0,00

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Distribuidores de gás natural comprimido (GNC) autorizados. Rio de Janeiro: ANP, 2015c. Disponível em: <www.anp.gov.br/?dw=60916>. Acesso em: jul. 2015.

Revenda e consumo de combustíveis líquidos e gás natural

A revenda e o consumo são os elos finais da cadeia logística do petróleo, gás natural e biocombustíveis. Uma das marcas desses recursos energéticos é a pluralidade de tipos, nomes e especificações de derivados. Isso faz com que exista, da mesma forma, numerosas categorias de estabelecimentos de revenda e tipos de consumo diferenciados. Para cumprir o propósito deste estudo, optou-se por analisar as duas principais infraestruturas/agentes de comercialização de combustíveis líquidos: os postos revendedores e os transportadores revendedores retalhistas.

O tipo de consumo de derivados de petróleo e de biocombustíveis varia; no entanto, é possível afirmar que a maior parte é voltada para o transporte rodoviário: 99,8% da gasolina é destinada a esse fim, assim como 95,6% do etanol e 83,5% do biodiesel. No caso do GLP, 78,1% do consumo tem fins residenciais, embora seja expressivo também o consumo industrial, com 13,4% (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2015, 2015).

O óleo diesel e o óleo combustível apresentam consumo mais variado (Tabelas 18 e 19). No caso do óleo diesel, prevalece o consumo destinado ao transporte rodoviário, que responde por 79,4% do total. A seguir, destacam-se o setor agropecuário (12,4%), em razão da utilização do produto, por exemplo, nas máquinas agrícolas; o setor energético (3,0%); o setor industrial (2,4%); e o transporte ferroviário (2,0%). No caso do óleo combustível, destaca-se o consumo do setor industrial (63,3%), sendo a maior parte (29,4%) destinada à metalurgia de não ferrosos. O óleo combustível não tem aplicação em transporte rodoviário, apenas hidroviário, que consome 27,7% do total. Outro importante tipo de consumo de óleo combustível é o do setor energético, cuja participação alcança 7,6%.

Tabela 18 - Quantidade consumida de óleo diesel, segundo o tipo de consumo - Brasil - 2014

Tipo de consumo	Quantidade consumida de óleo diesel	
	Total (1 000 m ³)	Percentual (%)
Consumo final energético	58 885	100,00
Transportes	48 372	82,15
Rodoviário	46 770	79,43
Ferroviário	1 186	2,01
Hidroviário	416	0,71
Agropecuário	7 292	12,38
Setor energético	1 784	3,03
Industrial	1 425	2,42
Comercial	8	0,01
Público	5	0,01

Fonte: Balanço energético nacional 2015. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2015. Ano-base 2014. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: maio 2016.

Nota: Inclui biodiesel.

Tabela 19 - Quantidade consumida de óleo combustível, segundo o tipo de consumo - Brasil - 2014

Tipo de consumo	Quantidade consumida de óleo combustível	
	Total (1 000 m ³)	Percentual (%)
Consumo final energético	4 270	100,00
Industrial	2 701	63,26
Transportes	1 184	27,72
Hidroviário	1 184	27,72
Ferroviário	0	0,00
Setor energético	325	7,62
Agropecuário	25	0,59
Comercial	23	0,55
Público	11	0,26

Fonte: Balanço energético nacional 2015. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2015. Ano-base 2014. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: maio 2016.

O gás natural apresenta uma variação significativa de tipos de consumo. O principal consumo desse combustível fóssil se destina ao uso industrial, com 54,3% do total, destacando-se, a seguir, o setor energético, com 33,8%. O transporte rodoviário representa 8,9% do consumo total de gás natural, enquanto o uso residencial significa apenas 1,7%, mostrando que o processo de distribuição de gás para este fim ainda é bastante incipiente no País (Tabela 20).

Considerando o consumo médio de gás natural por distribuidora apresentado na Tabela 21, observa-se que a Companhia de Gás de São Paulo - COMGÁS (SP) é a maior fornecedora, com 20,4% do total nacional. Possivelmente isso se explique por sua área de distribuição abranger a capital paulista e algumas das suas principais cidades com atividades industriais, como São José dos Campos e cidades na região de Campinas. Destacam-se, em seguida, as distribuidoras do Estado do Rio de Janeiro, que, somadas, superam o consumo de gás no Estado de São Paulo. Possivelmente a proximidade com as mais importantes áreas produtoras de gás natural do País beneficie tal distribuição em termos de custos.

Tabela 20 - Quantidade consumida de gás natural, segundo o tipo de consumo - Brasil - 2014

Tipo de consumo	Quantidade consumida	
	Total (1 000 000 m³)	Percentual (%)
Consumo final energético	20 310	100,00
Industrial	11 032	54,32
Setor energético	6 865	33,80
Transportes	1 812	8,92
Rodoviário	1 812	8,92
Residencial	352	1,73
Comercial/Público	249	1,22

Fonte: Balanço energético nacional 2015. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2015. Ano-base 2014. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: maio 2016.

Entre os combustíveis citados neste tópico, o óleo combustível não é comercializado pelos revendedores varejistas, pois, em geral, destina-se a públicos específicos. Por outro lado, os demais são encontrados nos postos revendedores de combustíveis, incluindo o gás natural veicular.

As infraestruturas responsáveis pelo comércio varejista de combustíveis líquidos estão presentes em quase todo o Território Nacional: 5 439 dos 5 570 municípios do País (Mapa 12). Apesar disso, a distribuição geográfica do número de postos revendedores por município não é homogênea.

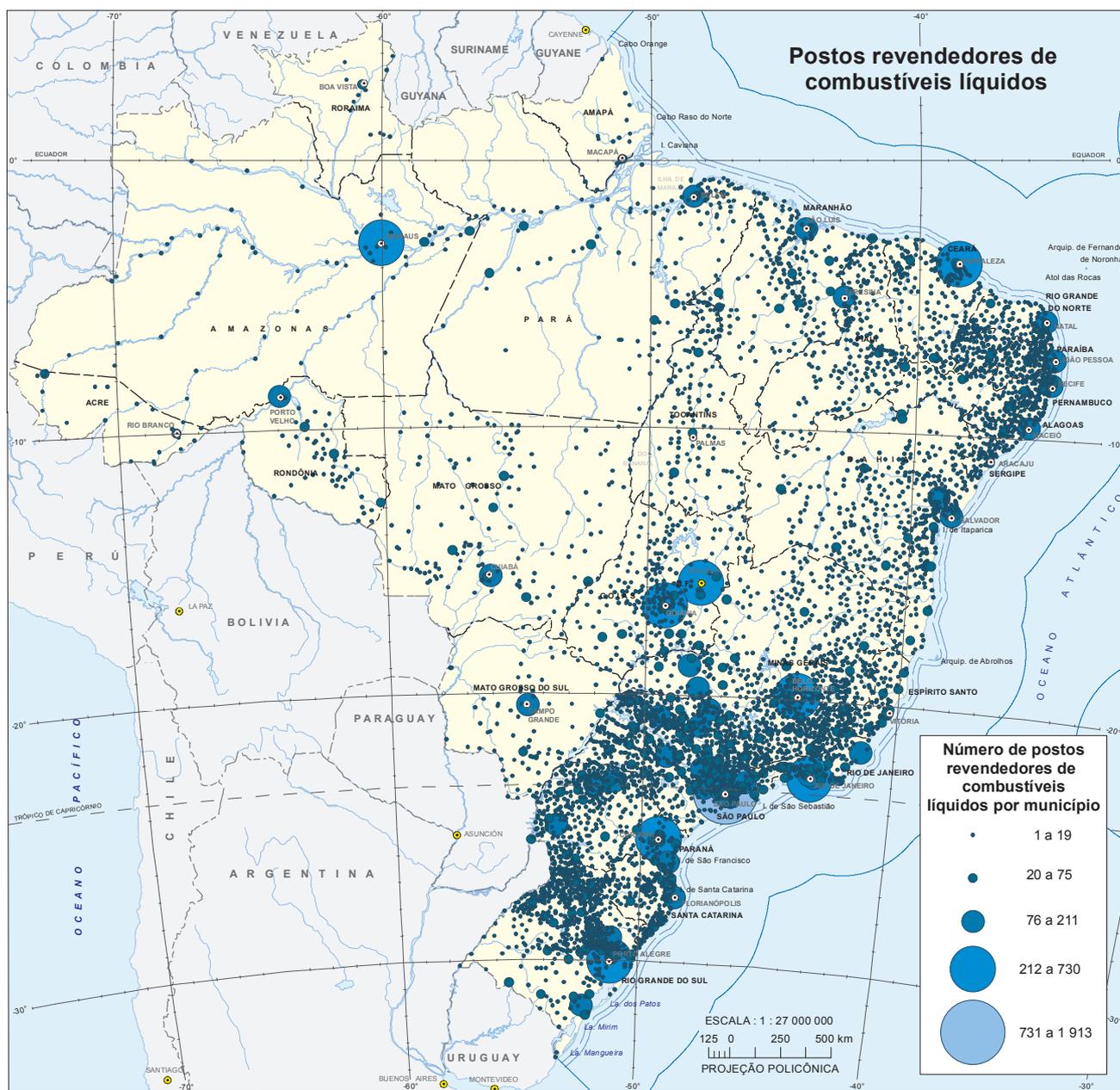
A Região Sudeste é a que possui o maior número de postos revendedores, 40,2% do total (Tabela 22). Entre as Unidades da Federação presentes na Tabela 23, destaca-se uma concentração de 22,2% em São Paulo, mais que o dobro do estado classificado em segundo lugar, Minas Gerais, que registra 11,0% dos postos. Segundo ainda o Mapa 12, as capitais mais populosas do País estão entre as que possuem mais postos revendedores. Apesar disso, a concentração da população não é o único fator que explica a dispersão dos postos, uma vez que eles também apresentam concentrações expressivas em municípios e em áreas que estão conectadas a grandes eixos de circulação e logística.

Tabela 21 - Consumo médio mensal de gás natural, segundo as distribuidoras e respectivas Unidades da Federação - 2014

Distribuidoras e respectivas Unidades da Federação	Consumo médio mensal de gás natural	
	Total (1 000 000 m ³ /dia)	Percentual (%)
Total	73,38	100,00
COMGAS (SP)	14,95	20,37
CEG (RJ)	14,79	20,15
CEG RIO (RJ)	10,55	14,37
GASMIG (MG)	4,21	5,74
BAHIAGÁS (BA)	3,89	5,30
BR Distribuidora (ES)	3,49	4,75
CIGÁS (AM)	3,43	4,67
COPERGÁS (PE)	3,29	4,48
COMPAGÁS (PR)	2,90	3,95
MSGÁS (MS)	2,59	3,53
SULGÁS (RS)	1,97	2,68
CEGÁS (CE)	1,91	2,60
SCGÁS (SC)	1,82	2,48
Gás Natural Fenosa (SP)	1,18	1,61
Gas Brasileiro (SP)	0,80	1,09
ALGÁS (AL)	0,61	0,83
PBGÁS (PB)	0,34	0,46
POTIGÁS (RN)	0,34	0,00
SERGÁS (SE)	0,29	0,40
CEBGÁS (DF)	0,01	0,01
MTGÁS (MT)	0,01	0,01
GASMAR (MA)	0,01	0,01
GASPISA (PI)	0,00	0,00
GOIASGÁS (GO)	0,00	0,00

Fonte: Boletim mensal de acompanhamento da indústria de gás natural. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, Departamento de Gás Natural, n. 98, maio 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138769/1732803/Boletim_Gas_Natural_nr_98_mai_15.pdf>. Acesso em: maio 2016.

Mapa 12 - Quantidade de postos revendedores de combustíveis líquidos, por município - 2015



Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Relação de instalações reguladas abertas. In: _____. Distribuição e revenda. Rio de Janeiro: ANP, [2015]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=2880>>. Acesso em: ago. 2015.

Tabela 22 - Quantidade de postos revendedores de combustíveis líquidos, segundo as Grandes Regiões - 2015

Grandes Regiões	Quantidade de postos revendedores de combustíveis líquidos	
	Total	Percentual (%)
Brasil	39 980	100,00
Sudeste	16 053	40,15
Nordeste	9 493	23,74
Sul	8 090	20,24
Centro-Oeste	3 459	8,65
Norte	2 885	7,22

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Relação de instalações reguladas abertas. In: _____. Distribuição e revenda. Rio de Janeiro: ANP, [2015]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=2880>>. Acesso em: ago. 2015.

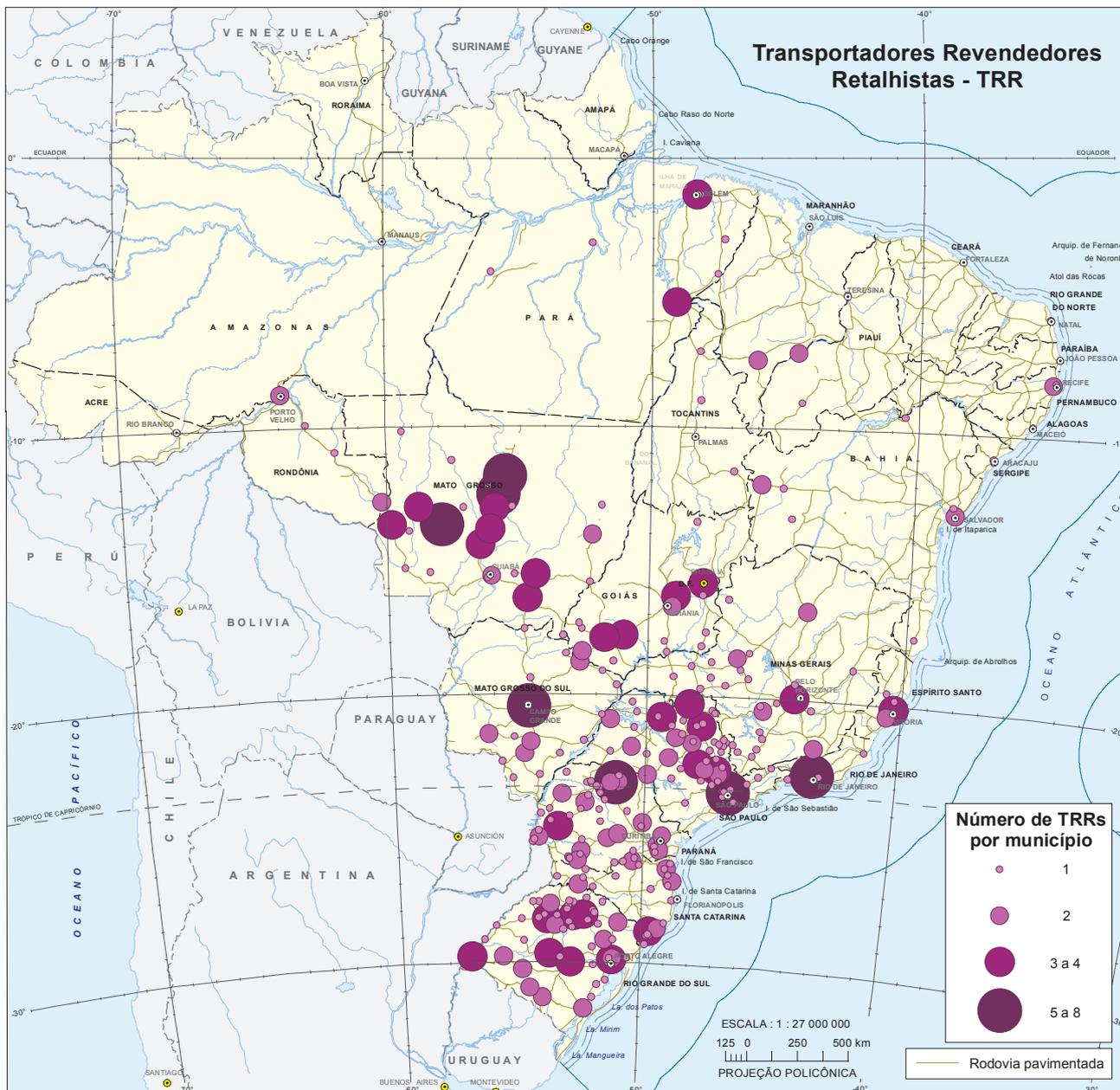
Tabela 23 - Quantidade de postos revendedores de combustíveis líquidos, segundo as Unidades da Federação - 2015

Unidades da Federação	Quantidade de postos revendedores de combustíveis líquidos	
	Total	Percentual (%)
Brasil	39 980	100,00
São Paulo	8 888	22,23
Minas Gerais	4 379	10,95
Rio Grande do Sul	3 148	7,87
Paraná	2 846	7,12
Bahia	2 543	6,36
Rio de Janeiro	2 132	5,33
Santa Catarina	2 096	5,24
Goiás	1 503	3,76
Ceará	1 415	3,54
Pernambuco	1 333	3,33
Maranhão	1 265	3,16
Mato Grosso	1 036	2,59
Pará	962	2,41
Piauí	827	2,07
Paraíba	707	1,77
Espírito Santo	655	1,64
Amazonas	603	1,51
Mato Grosso do Sul	600	1,50
Rio Grande do Norte	581	1,45
Rondônia	541	1,35
Alagoas	540	1,35
Tocantins	396	0,99
Distrito Federal	320	0,80
Sergipe	281	0,70
Acre	155	0,39
Amapá	120	0,30
Roraima	108	0,27

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Relação de instalações reguladas abertas. In: _____. Distribuição e revenda. Rio de Janeiro: ANP, [2015]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=2880>>. Acesso em: ago. 2015.

Outro importante agente revendedor varejista de combustível é o transportador revendedor retalhista. Esses revendedores comercializam e entregam o óleo diesel para tipos de consumidores específicos, que não podem se deslocar para efetuar o abastecimento. Esse é o caso das máquinas agrícolas, por exemplo, ou dos maquinários industriais e de produção de energia elétrica por óleo diesel. Sua distribuição espacial encontra-se no Mapa 13.

Mapa 13 - Quantidade de Transportadores Revendedores Retalhistas - TRRs, por município - 2015



Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Relação de instalações reguladas abertas. In: _____. Distribuição e revenda. Rio de Janeiro: ANP, [2015]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=2880>>. Acesso em: ago. 2015.

A distribuição geográfica dos transportadores revendedores retalhistas tem um padrão sensivelmente diferente da distribuição dos postos revendedores. Em primeiro lugar, porque são muito menos numerosos - apenas 456 contra mais de 39 mil postos revendedores; em segundo lugar, porque não possuem a mesma presença na costa brasileira, apesar de serem muito atuantes em áreas do interior do País.

A região com a maior quantidade de transportadores revendedores retalhistas é a Sul, com 37,8% (Tabela 24). Em seguida, destacam-se as Regiões Sudeste e Centro-Oeste, com 29,0% e 23,5%, respectivamente. As Regiões Norte e Nordeste têm participação muito inferior à das demais, com 4,8% cada.

O Mapa 13 mostra que, entre as capitais, São Paulo (SP), Rio de Janeiro (RJ) e Campo Grande (MS) concentram o maior número desses transportadores. No entanto, há muitos municípios que não são capitais e que também ocupam a categoria com maior concentração. Tais casos podem se referir a centros logísticos importantes no País e a áreas com grande produção agrícola, como o Estado do Mato Grosso.

Tabela 24 - Quantidade de Transportadores Revendedores Retalhistas - TRRs, segundo as Grandes Regiões - 2015

Grandes Regiões	Quantidade de Transportadores Revendedores Retalhistas	
	Total	Percentual (%)
Brasil	455	100,00
Sul	172	37,80
Sudeste	132	29,01
Centro-Oeste	107	23,52
Norte	22	4,84
Nordeste	22	4,84

Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Relação de instalações reguladas abertas. In: _____. Distribuição e revenda. Rio de Janeiro: ANP, [2015]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=2880>>. Acesso em: ago. 2015.

Distribuição espacial do preço da gasolina e do etanol ao consumidor final

A partir de dados sobre o preço médio ao consumidor nos postos de combustíveis dos municípios brasileiros disponibilizados pela ANP, foi possível realizar uma avaliação espacial da relação entre esses dois tipos de combustível, dada a quantidade crescente de veículos *flex* na frota brasileira.

Os dados referentes ao mês de dezembro de 2014 são de natureza amostral, com pesquisa realizada em 38 595 postos localizados em 538 municípios, no caso do etanol, e em 41 715 postos situados em 555 municípios, no caso da gasolina. A amostra é bem representativa do espaço nacional, apresentando-se de maneira consistente com a distribuição espacial de diversos indicadores socioeconômicos no Brasil, conforme se observa no Cartograma 1.

Os dados amostrais permitem sua expansão para o conjunto do Território Nacional, usando a técnica estatística de interpolação por *spline*, que transforma os dados pontuais em distribuídos por uma superfície. Com essa técnica, não é possível

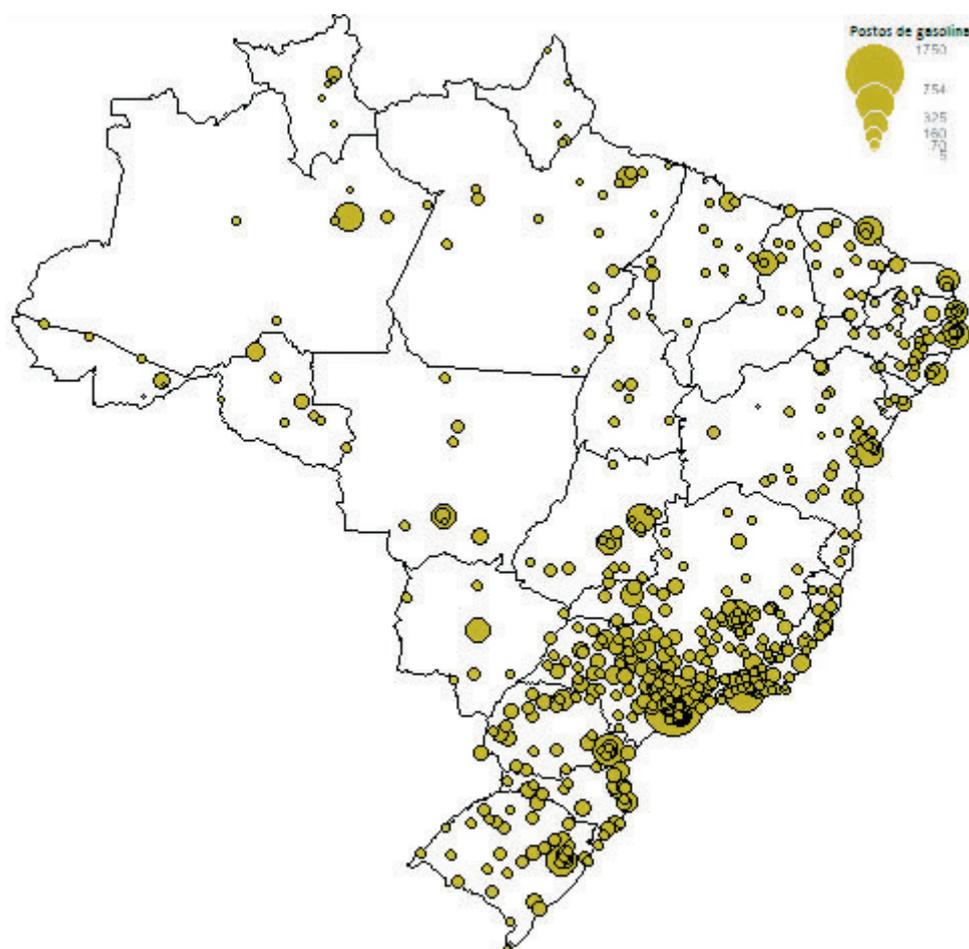
imputar um valor preciso para os municípios, mas pode-se ter uma noção dos padrões gerais do comportamento espacial do dado. Na elaboração do modelo, levou-se em conta as fronteiras entre as Unidades da Federação, que embora seja uma opção que tenda a sobrevalorizar o efeito de barreira dos limites estaduais, se justifica na medida em que as políticas dos governos dos estados e a variação dos impostos apresentam bastante influência sobre a variação de preços.

Os preços da gasolina possuem um comportamento onde há, *grosso modo*, um aumento progressivo de leste para oeste, atingindo os maiores valores no interior do Pará e no oeste de Amazonas e Acre (Mapa 14). Há uma influência clássica do fator distância: quanto mais distante dos polos produtores de combustível situados no litoral, maior tende a ser o preço. Além da tendência à subida do preço no interior, há uma notória flutuação em torno da média, ao longo do território como um todo.

A área de concentração dos valores mais baixos corresponde à maior parte do Estado de São Paulo, assim como alguns núcleos próximos a Porto Alegre, no eixo Curitiba-Vale do Itajaí, no litoral nordestino e no Piauí.

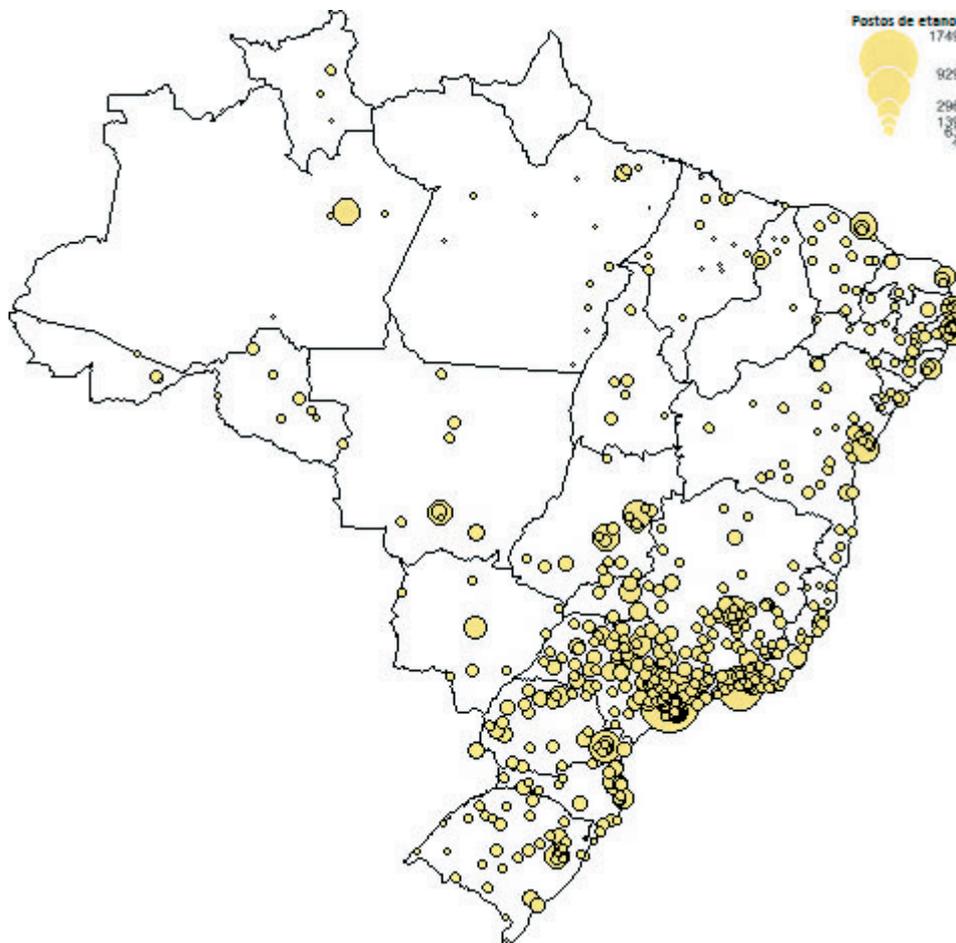
Cartograma 1 - Distribuição espacial dos postos de combustível pesquisados - dez. 2014

(continua)



Cartograma 1b - Distribuição espacial dos postos de combustível pesquisados - dez. 2014

(conclusão)

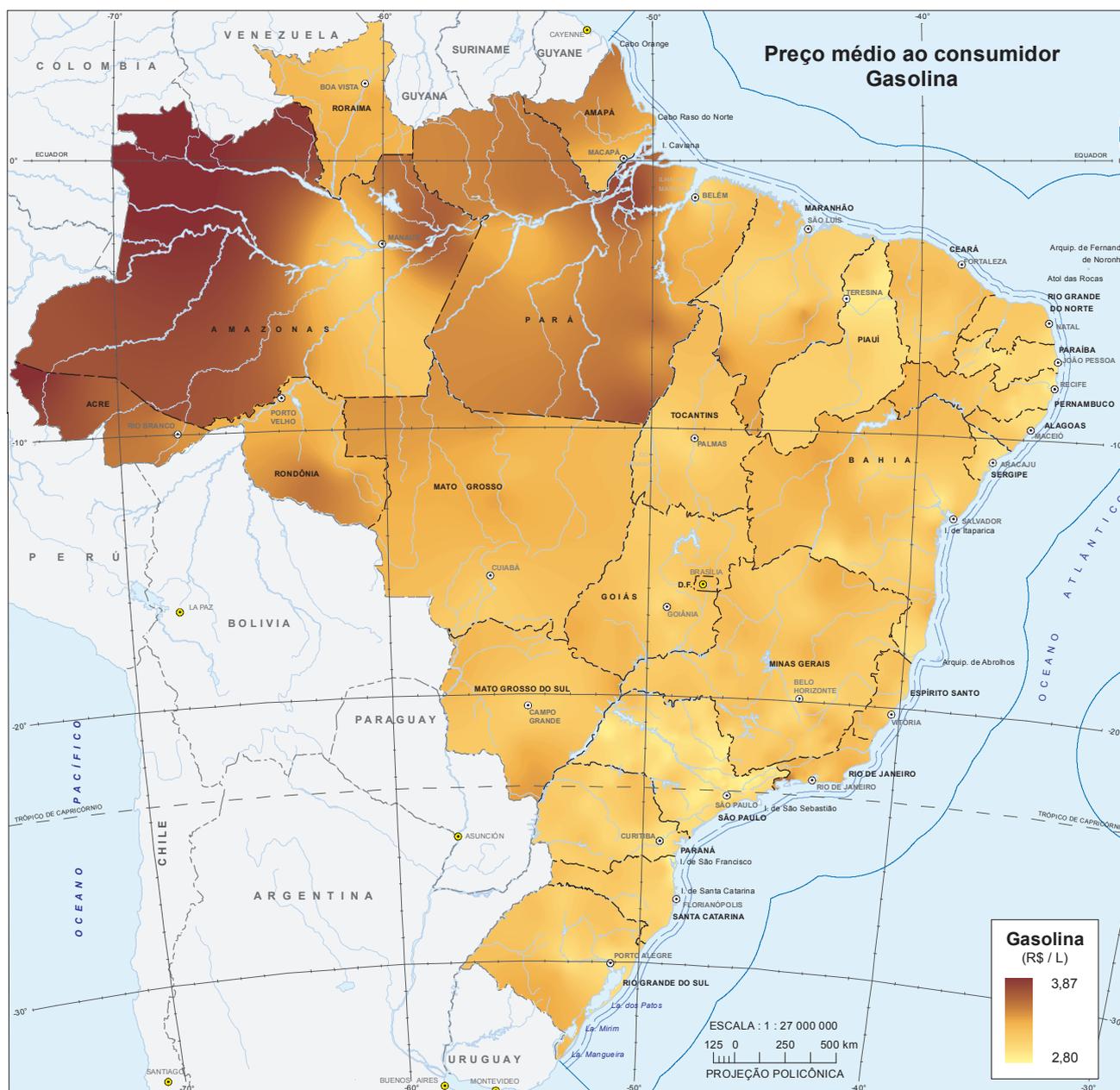


Fonte: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). SLP: sistema de levantamento de preços. Rio de Janeiro: ANP, [2016]. Informações relativas a dez. 2014. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Mensal_Index.asp>. Acesso em jun. 2016.

Comparando esse resultado com a evolução recente dos preços da gasolina no comércio varejista, conforme realizado por Guimarães (2011), que trabalhou esses mesmos dados no período de 2007 a 2010, nota-se que atualmente ocorre uma menor polarização das áreas de baixo preço - mais concentradas, naquele período, em torno do interior do Estado de São Paulo - bem como uma variação mais complexa ao longo do território.

O comportamento do preço do etanol, por sua vez, apresenta-se razoavelmente semelhante ao da gasolina, em linhas gerais, sugerindo que as distribuições espaciais de ambos os combustíveis refletem as questões nacionais de logística de transporte. Assim, a acessibilidade mais reduzida na Região Norte determina as maiores médias lá praticadas. Por outro lado, nota-se também um núcleo de média elevada no Estado de Sergipe, paradoxalmente próximo a grandes áreas produtoras de cana-de-açúcar (Mapa 15). Já no Estado de São Paulo, área notoriamente produtora de cana-de-açúcar, ocorrem as menores médias de preços, indicando que há outras lógicas de determinação, além da mera localização dos mercados fornecedores da matéria-prima, embora este fator clássico também possua seu peso.

Mapa 14 - Preço médio ao consumidor da gasolina - dez. 2014



Fontes: 1. IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia. 2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). SLP: sistema de levantamento de preços. Rio de Janeiro: ANP, [2016]. Informações relativas a dez. 2014. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Mensal_Index.asp>. Acesso em jun. 2016.

Mapa 15 - Preço médio do etanol - dez. 2014



Fontes: 1. IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia. 2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). SLP: sistema de levantamento de preços. Rio de Janeiro: ANP, [2016]. Informações relativas a dez. 2014. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Mensal_Index.asp>. Acesso em jun. 2016.

Em termos evolutivos, a distribuição espacial do preço do etanol é significativamente semelhante, tendo ocorrido poucas variações do período de 2007 a 2010, estudado por Guimarães (2011), a dezembro de 2014, momento de coleta da amostra aqui analisada.

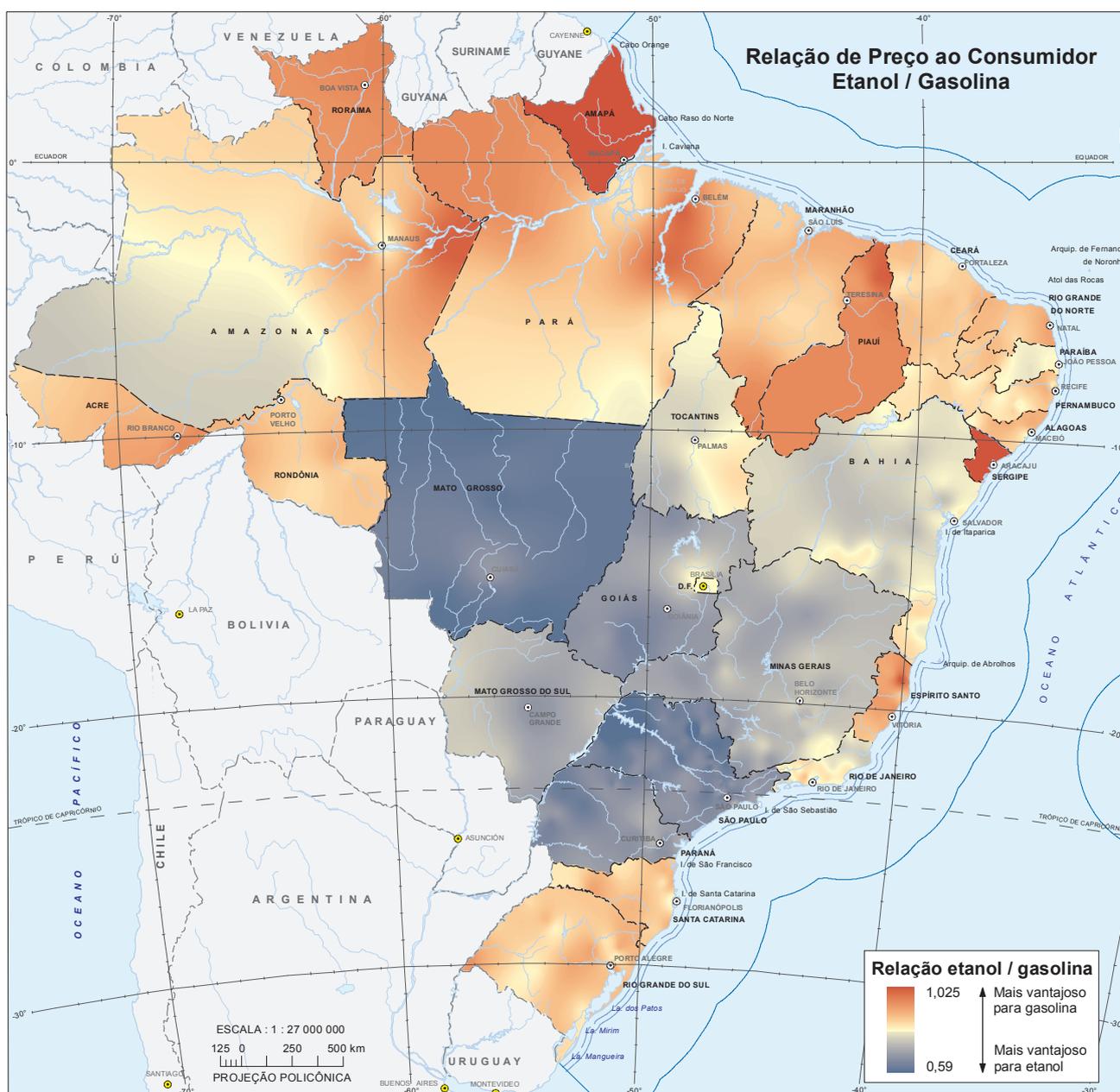
A interação entre os dois tipos de combustível tem importância crescente em virtude do crescimento da frota de carros particulares a partir dos anos 2000, uma vez que os consumidores passaram a ter liberdade de escolha ampliada em virtude da participação cada vez maior dos veículos *flex*. Soma-se a isso o fato de a gasolina possuir, em sua composição, uma proporção de etanol definida por lei. Quando se considera a paridade entre as duas formas de combustível, percebe-se que a clivagem

da Região Norte em relação ao restante do País perde um pouco a importância, já que ambos os preços são igualmente elevados (Mapa 16).

Tomando-se o patamar de 70% do preço do etanol em relação ao da gasolina (colorido em azul) em virtude de seu menor rendimento, as áreas cuja opção pelo primeiro se justifica são o interior de São Paulo, o oeste paranaense e o Mato Grosso.

Amapá e Sergipe são estados onde há uma forte vantagem em relação ao uso da gasolina. Neste último estado, o comportamento espacial do entorno, mudando abruptamente, aponta na direção de questões locais para a explicação do preço desproporcionalmente maior do etanol.

Mapa 16 - Relação de preço etanol/gasolina - dez. 2014



Fontes: 1. IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia. 2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). SLP: sistema de levantamento de preços. Rio de Janeiro: ANP, [2016]. Informações relativas a dez. 2014. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Mensal_Index.asp>. Acesso em jun. 2016.

Energia elétrica

A energia elétrica é uma das formas de energia mais utilizadas no cotidiano das pessoas e na produção econômica da sociedade. É derivada das diferenças de potencial elétrico em um condutor, de tal modo que possibilite a geração de uma corrente orientada de elétrons em um circuito. Caracteriza-se, principalmente, pela flexibilidade de transformação em outras formas de energia e pela facilidade de transporte em relação a outras fontes. Para que possa ser útil, ela precisa ser gerada por outras fontes energéticas e convertida em eletricidade para fins de transporte da origem da fonte geradora até o local de consumo, quando novamente se converte em outro tipo de energia, de acordo com o uso que se faz necessário.

Uma das questões centrais sobre a energia elétrica é a sua disponibilidade. Certamente, essa é sua questão mais geográfica e o foco de sua logística territorial. Com efeito, para a energia elétrica ter serventia em quantidade e confiabilidade, é necessário que esteja disponível tanto espacialmente (lugar) quanto temporalmente (momento), nos termos de sua demanda. Isso se faz possível mediante a constituição de um sistema elétrico de potência (SEP) - conjunto de instalações geradoras, subestações de controle de tensão, linhas transmissoras e distribuidoras responsáveis por garantir que esse recurso energético tão indispensável e fundamental à sociedade esteja disponível e seja confiável para atender às necessidades.

Uma questão relevante à configuração desse sistema é a medida de disponibilidade de energia nos termos de sua logística territorial, ou seja, a potência elétrica. Segundo Biggar e Hesamzadeh (2014),

a medida física convencional para energia é joule. No senso comum, o conceito de energia é ocasionalmente confundido com o conceito de potência. Potência é a taxa em que a energia é entregue e convencionalmente medida em Watts (abrevia-se W). Um watt é o equivalente a entrega de energia à taxa de um joule por segundo (BIGGAR; HESAMZADEH, 2014, p. 34, tradução nossa).

Ainda segundo os autores, a taxa de energia (potência) de um circuito na rede é uma função do produto da tensão dessa rede e de sua corrente. A corrente elétrica é medida pelo Sistema Internacional de Unidades (SI) em ampere (A), e a tensão é medida em volt (V).

Ainda segundo os autores, a quantidade de energia consumida é tipicamente medida pelo produto da potência, que é convertida em energia em função do tempo em que é demandada. Dessa maneira, se um elemento hipotético conectado na rede exige a potência de um watt por uma hora, teremos o watt-hora (Wh). Nos sistemas elétricos modernos, é comum se estabelecer a escala de 1 000 dessa energia gerada e consumida: o quilowatt-hora (kWh), para unidades consumidoras finais; o megawatt-hora (MWh), que corresponde a 1 000 kWh, para grandes unidades consumidoras e quantidade de energia gerada pelas instalações geradoras; e o gigawatt-hora (GWh), ou 1 000 MWh, para medidas anuais de geração e consumo de grandes porções do território ou país como um todo.

Desse modo, a potência e a quantidade de energia possuem determinações diretas no equilíbrio entre a geração e o consumo de energia elétrica no sistema elétrico de potência: a primeira definindo a disponibilidade imediata, e a segunda traçando determinações para o sistema no médio e longo prazos. A ligação espacial entre a geração e o consumo é, nesse sentido, feita por instalação de linhas condutoras de energia, traçadas e planejadas com especificações da relação entre a geração e o consumo e por sua configuração territorial.

Essas linhas condutoras possuem especificações para a tensão e a corrente, de acordo tanto com a potência que se quer disponibilizar para determinadas áreas de consumo quanto com as distâncias entre as instalações geradoras e essas áreas. Isso porque, para uma grande disponibilidade de energia (potência), a tensão da linha precisa ser alta e a corrente que transportará também deve ser alta. Para áreas que demandam uma baixa disponibilidade de energia, a linha poderá ter sua tensão e corrente menores.

Outra questão apontada por Biggar e Hesamzadeh (2014) é que praticamente todos os condutores possuem alguma perda de energia. Essa perda ocorre em função da característica resistência do material condutor, em virtude do fluxo da corrente elétrica. Ainda segundo os autores, dada uma resistência, a perda de energia se dá em uma relação proporcional ao quadrado da corrente e é inversamente proporcional ao quadrado da tensão. Por isso, para grandes quantidades de energia transportadas em linhas condutoras a uma grande distância, usam-se também as altas voltagens para se reduzir as perdas no sistema.

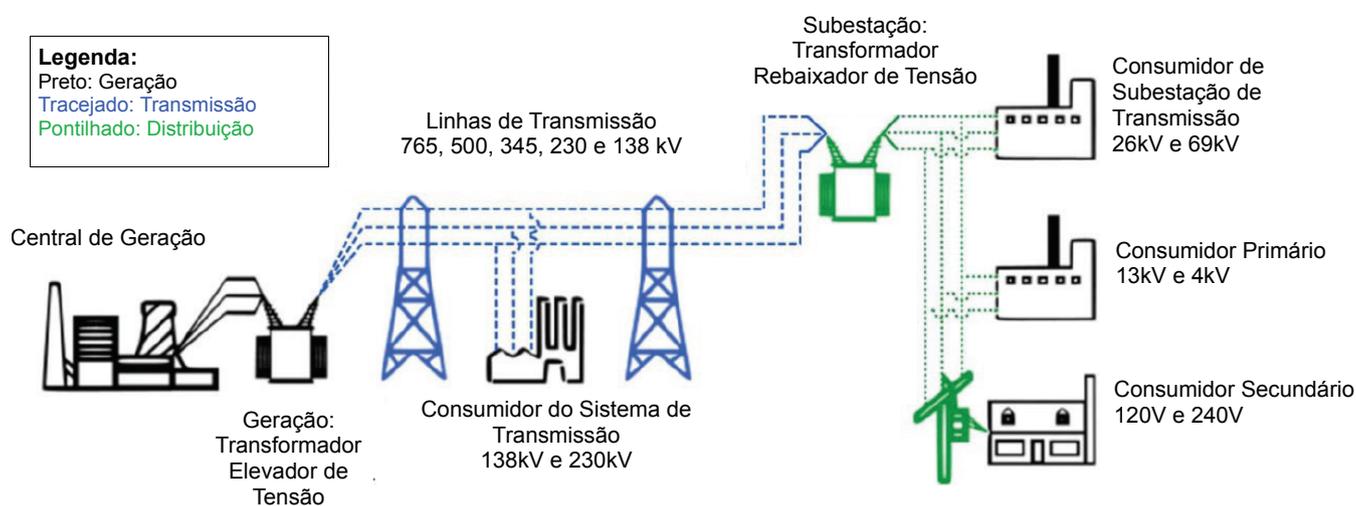
Como os sistemas elétricos de potência possuem diferentes quantidades de energia demandadas e/ou distâncias para cobrir com suas redes, costuma-se separar os sistemas de linhas condutoras em dois tipos: transmissão e distribuição.

Os sistemas de transmissão correspondem às “linhas troncais” da energia elétrica, percorrendo grandes distâncias. A energia despachada dos geradores se

conecta às linhas de alta tensão por meio de subestações elevadoras de tensão, transportando grandes quantidades de energia até se conectarem ao sistema de distribuição por subestações rebaixadoras de tensão. Nesse percurso, grandes consumidores de energia, a exemplo das indústrias eletrointensivas, podem se conectar diretamente ao sistema de transmissão, uma vez que suas operações necessitam de quantidades de energia que um sistema desse tipo é capaz de fornecer.

Nos sistemas de distribuição, de menor alcance espacial, correspondendo ao consumo doméstico e de menor intensidade, a tensão elétrica vai progressivamente sendo rebaixada por transformadores para se compatibilizar com o porte de seus consumidores. A Figura 1 apresenta um esquema com elementos básicos de um sistema elétrico de potência nas fases de geração, transmissão e distribuição e suas respectivas tensões elétricas.

Figura 1 - Elementos básicos de um sistema elétrico de potência



Biggar e Hesamzadeh (2014, p. 45).

Nem sempre as tensões nas linhas condutoras desse sistema são determinísticas de seu papel. Pode-se ter tensões de linhas próprias de um sistema de transmissão, como 230 kV e 138 kV, sendo componentes de um sistema de distribuição, assim como encontram-se linhas de tensões de 69 kV, e até menores, cumprindo papel de sistema de transmissão em áreas de baixo consumo. Diante disso, possivelmente a característica mais relevante, pelo menos do ponto de vista geográfico, é a função de transporte de longa distância para o sistema de transmissão e a capilaridade da rede para o sistema de distribuição.

Geração de energia elétrica

A geração de energia elétrica se dá por meio das unidades geradores. Essas instalações são responsáveis por converter outro tipo de energia em energia elétrica. Sendo assim, Biggar e Hesamzadeh (2014) afirmam que apesar de existirem sete métodos de conversão de outros tipos de energia em eletricidade, apenas os

métodos de efeitos fotoelétrico e eletroquímico e a indução eletromagnética possuem significância para a composição de sistemas elétricos de potência.

Nesse sentido, o efeito fotoelétrico consiste na conversão de fótons (energia luminosa) em eletricidade, ao passo que o eletroquímico se utiliza de reações químicas para tal. No primeiro caso, são utilizados painéis solares feitos de materiais que, quando irradiados pela luz solar, liberam elétrons.

O efeito eletroquímico é representado pelos vários tipos de baterias, como pilhas e baterias automotivas, que possuem a capacidade de armazenar e liberar eletricidade por meio de reações químicas. Devido à inconstância da luminosidade solar por fatores atmosféricos e da alternância entre dias e noites, é comum encontrar esses tipos de geração associados, uma vez que permitem aos painéis solares o armazenamento de parte da energia gerada em baterias específicas para utilização em momentos em que não se dispõe de luz solar.

Por sua vez, o método de indução eletromagnética, que consiste no uso da energia cinética para movimento de uma bobina em torno de ímãs, é invariavelmente “o método mais comum para geração de eletricidade” em grandes quantidades e disponibilidade (BIGGAR; HESAMZADEH, 2014). É por esse método que usinas hidrelétricas, termelétricas, eólicas e termonucleares, após converterem suas energias específicas em energia cinética, produzem energia elétrica. Cada usina possui seu próprio meio de conversão de sua energia específica em energia cinética.

No caso das usinas hidrelétricas, ocorre a conversão da energia hidráulica de uma massa d’água em um desnível em energia cinética por meio da rotação de uma turbina ligada a um gerador. Esse gerador normalmente é composto por uma bobina que gira em torno de ímãs, induzindo o efeito eletromagnético de geração da corrente elétrica.

No caso das termelétricas, a queima de combustíveis libera gases em alta pressão e energia térmica. Esta última, por sua vez, aquece a água, gerando vapor d’água em alta pressão. Esses gases e/ou vapor d’água em alta pressão são direcionados para a rotação de uma turbina que, assim como na hidrelétrica, está acoplada a um gerador. A respeito das termonucleares, o processo é semelhante, só que, em vez da queima de combustíveis, utiliza-se um reator nuclear composto de elementos químicos radioativos, sendo muito comum o uso do urânio. A fissão nuclear do átomo do elemento radioativo libera calor, e o processo se assemelha esquematicamente ao da termelétrica, envolvendo vapor d’água em alta pressão e a rotação de uma turbina conectada a um gerador.

Na geração eólica, o esquema de conversão envolve a energia potencial dos ventos, sendo convertida em energia cinética por meio de torres aerogeradoras instaladas em locais específicos, que possuem potencial e constância de ventos. Essas torres possuem grandes hélices que giram um rotor também acoplado a um gerador de corrente elétrica.

Unidades de geração hidráulica

Na matriz brasileira de geração de energia elétrica, a do tipo hidráulica correspondeu a 63,2% do total em 2014, atingindo 373 439 GWh, segundo dados do

Balanço Energético Nacional, da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (BALANÇO..., 2015). Na realidade, a sua preponderância foi maior no passado, mas o País permanece muito dependente desse tipo de fonte. Isso se explica, em parte, por tratar-se de um recurso renovável e com consideráveis vantagens comparativas em relação a outros, principalmente quando se considera o custo de geração e a abundância de rios com potencial hidráulico no País. Por outro lado, esse tipo de geração é a que oferece os maiores desafios logísticos para um sistema elétrico, uma vez que sua localização é determinada por potenciais que derivam de cursos fluviais com viabilidade de instalação de uma unidade geradora. Questões ambientais e de custos de deslocamento e desapropriações também são relevantes nessa questão locacional.

Uma vez configurado um sistema interligado, como o Sistema Interligado Nacional - SIN⁸ brasileiro, a geração hidráulica se torna um componente eficiente, pois possibilita seu aproveitamento em áreas remotas dos grandes centros consumidores por meio do intercâmbio de energia.

No Brasil, as unidades de geração hidráulica de energia elétrica são classificadas, quanto ao porte de potência, em: centrais geradoras hidrelétricas (CGH) - potência outorgada até 3 MW; pequenas centrais hidrelétricas (PCH) - variando de 3 a 30 MW; e usinas hidrelétricas (UHE) - superior a 30 MW. O Mapa 17 mostra a distribuição das unidades de geração hidráulica, por porte e Regiões de Integração Eletroenergética do SIN.

Em todo o Território Nacional, existem 367 centrais geradoras hidrelétricas em operação, representando 0,2% da potência outorgada de geração hidráulica. Conforme observado no Mapa 17, apesar de presente em todas as Grandes Regiões, existem três áreas de concentração dessas centrais. Na Região Sul, observa-se uma concentração que abarca o norte do Estado do Rio Grande do Sul e as porções central e oeste do Estado de Santa Catarina; uma outra área de concentração está localizada nas porções leste e sudeste do Estado de Minas Gerais e em porções de contato entre este estado e os Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo; uma terceira área, com concentração menor, é observada no eixo diagonal de conexão entre as Regiões Sudeste e Centro-Oeste, abarcando o Estado do Mato Grosso e a porção sul do Estado de Rondônia.

No que diz respeito às pequenas centrais hidrelétricas, são 459 em operação, perfazendo 4,9% da potência outorgada. Elas são mais dispersas pelo território do que as centrais geradoras hidrelétricas, mas também compõem as mesmas três áreas de concentração.

As usinas hidrelétricas, em menor número de unidades, totalizam 194 em operação, correspondendo a 94,9% da potência outorgada. É o elemento mais disperso espacialmente, comparando-se com as outras geradoras, sendo possível observar sua localização alinhada ao curso dos principais rios do sudeste brasileiro.

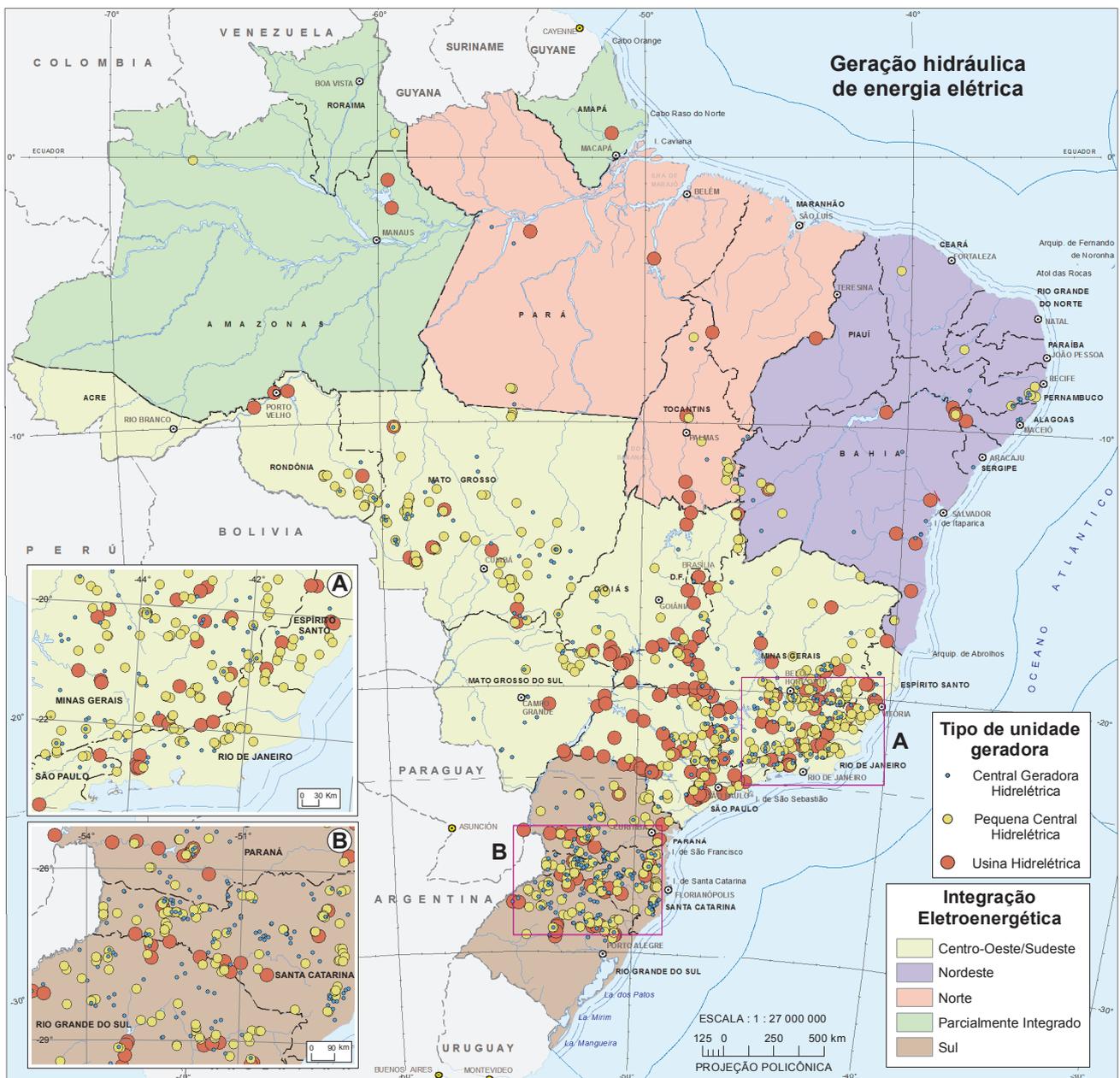
A concentração das unidades de geração hidráulica de energia elétrica nas Regiões de Integração Eletroenergética Centro-Oeste/Sudeste e Sul é flagrante. Destaca-se também a presença preponderante das usinas hidrelétricas nas áreas de

⁸ Com tamanho e características que permitem considerá-lo único em âmbito mundial, o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidrotérmico de grande porte, com forte predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O SIN é formado pelas empresas das Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da Região Norte. Apenas 1,7% da energia requerida pelo País encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2015c).

contato dos seguintes estados: Minas Gerais/São Paulo, Minas Gerais/Goiás, São Paulo/Mato Grosso do Sul e São Paulo/Paraná.

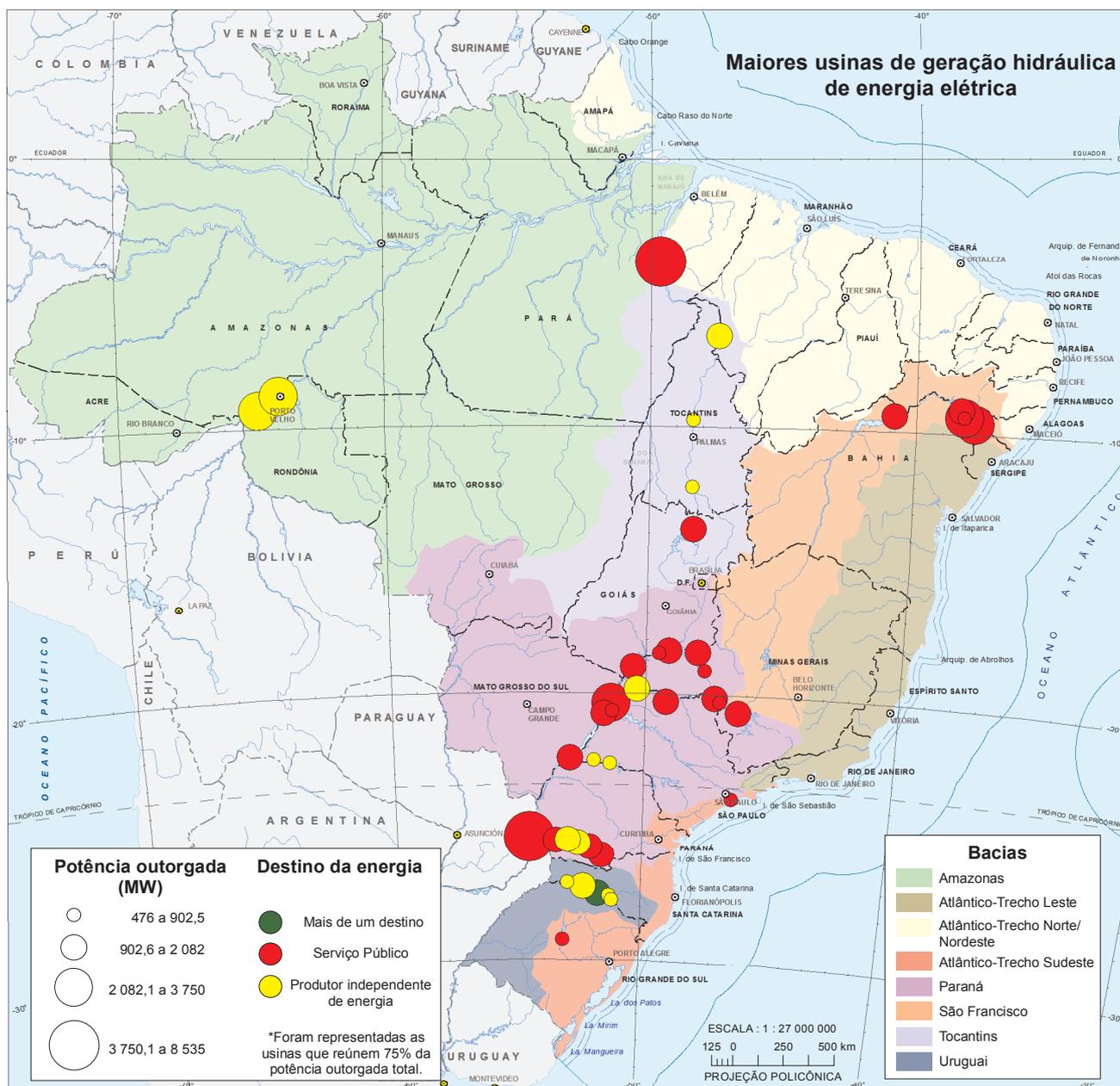
O Mapa 18 apresenta a distribuição das unidades de geração hidráulica correspondentes a 75% da potência outorgada do País, por classes de potência outorgada, destino da energia e bacias hidrográficas. A Tabela 25 apresenta a potência outorgada total das unidades de geração hidráulica, segundo as bacias hidrográficas.

Mapa 17 - Unidades de geração hidráulica de energia elétrica, por classificação de porte e as regiões de integração eletroenergéticas - 2015



Fontes: 1. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Anel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015. 2. Intercâmbio entre as regiões. In: Operador Nacional do Sistema Elétrico (Brasil). SIN: sistema interligado nacional. Brasília, DF: ONS, [2015]. Disponível em: <http://www.ons.org.br/historico/intercambio_entre_regioes.aspx>. Acesso em: jul. 2015.

Mapa 18 - Unidades de geração hidráulica de energia elétrica correspondente aos três quartis superiores da potência outorgada, em MW, por destino de energia e bacia hidrográfica - 2015



Fontes: 1. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015. 2. Bacias hidrográficas brasileiras. In: Agência Nacional de Águas (Brasil). Hidroweb: sistema de informações hidrológicas. Brasília, DF: ANA, [2015]. Arquivos digitais de mapas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Toctem=4100>>. Acesso em: ago. 2015.

Observa-se, no Mapa 18, a predominância da Bacia Hidrográfica do Paraná - as unidades de geração ali instaladas correspondem a 46,9% da potência outorgada. Nesse sentido, chama a atenção a Usina Hidrelétrica de Itaipu, com seus 7 000 MW de potência outorgada (correspondente somente à parte brasileira). Outra que merece destaque é a Usina Hidrelétrica de Tucuruí (I e II), com 8 535 MW, localizada no Estado do Pará, Região Norte de Integração Eletroenergética.

Tabela 25 - Potência outorgada das unidades de geração hidráulica, segundo as bacias hidrográficas - 2015

Bacias hidrográficas	Potência outorgada das unidades de geração hidráulica (kW)
Total	91 469 949,85
Rio Paraná	42 872 584,80
Rio Tocantins	13 386 024,60
Rio São Francisco	10 735 102,45
Rio Amazonas	8 491 806,60
Rio Uruguai	6 307 503,80
Atlântico - Trecho Leste	5 641 120,50
Atlântico - Trecho Sudeste	3 691 128,10
Atlântico - Trecho Norte/Nordeste	344 679,00

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015.

Quanto ao destino da energia, os dados apontam que as instalações do serviço público de geração de energia elétrica correspondem a 61,7% do total da potência outorgada. Seguem-se a este os produtores independentes de energia, com 33,7% de participação. Os autoprodutores de energia e os que possuem mais de um destino somam os 4,6% restantes.

Unidades de geração térmica

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética - EPE, a geração térmica de energia elétrica alcançou, em 2014, 204 829 GWh⁹, representando 34,7% do total nacional (BALANÇO..., 2015). Diferentemente da hidráulica, a geração térmica possui maior flexibilidade locacional, uma vez que as instalações não dependem de condições naturais propícias para serem instaladas, porém emite uma quantidade considerável de poluentes atmosféricos e seu custo é maior que o da hidrelétrica.

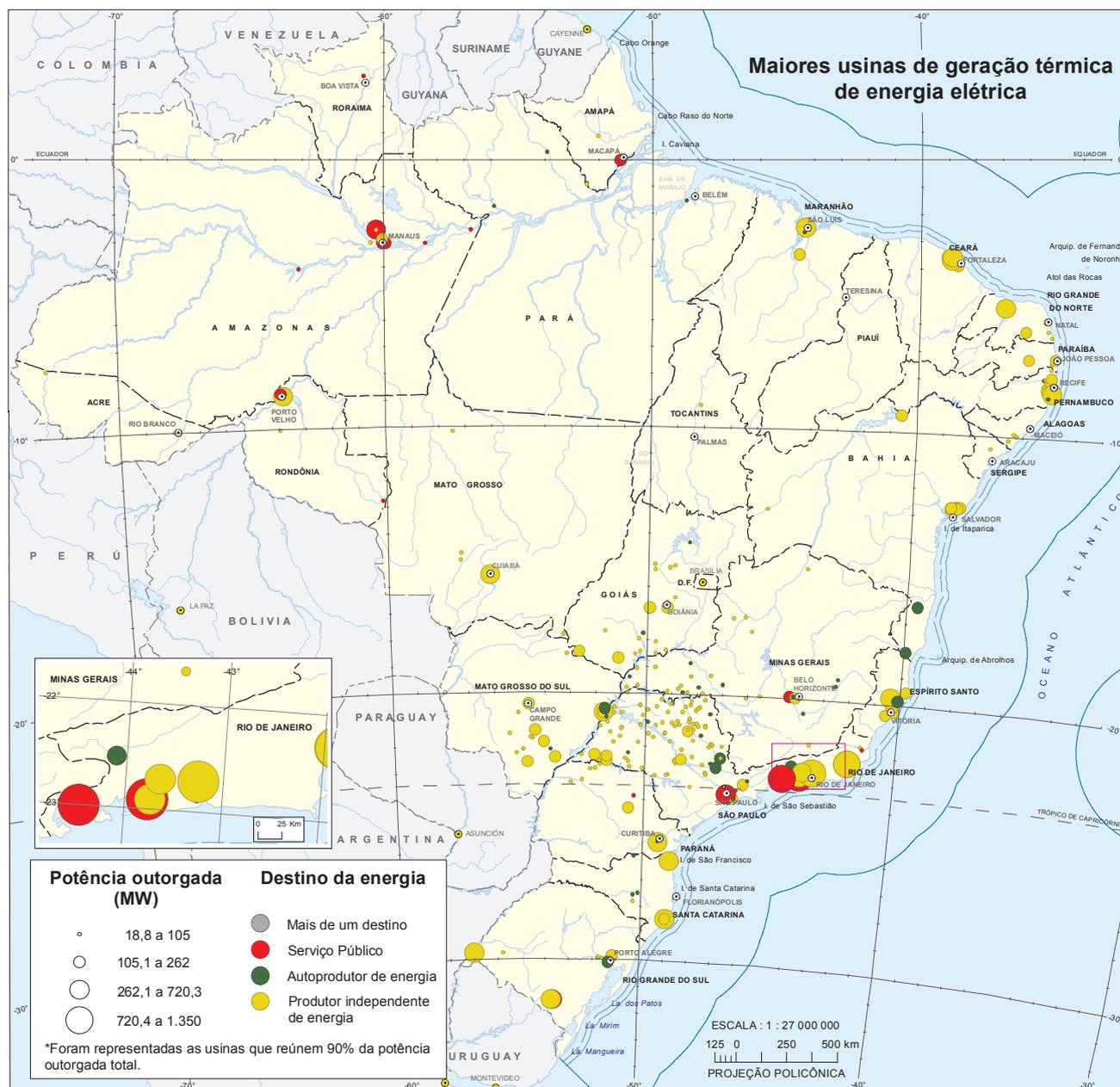
Uma vantagem que se atribui à geração térmica é a sua localização - mais próxima dos grandes mercados consumidores de energia elétrica. Isso minimiza perdas e, no caso dos sistemas isolados dos estados da Região Norte do País, apresenta-se como alternativa de geração. Outra questão locacional é que essas instalações podem ser planejadas de acordo com a disponibilidade local de combustíveis.

A geração térmica se constitui também em uma alternativa para o abastecimento de grandes consumidores, uma vez que, em alguns casos, é mais vantajoso arcar com uma instalação própria para autoprodução de energia do que comprar energia no mercado cativo das distribuidoras. De maneira semelhante, essa alternativa também se apresenta como solução para consumidores que se instalam em locais em que o serviço público de geração de energia elétrica é deficitário ou incapaz de atender às demandas específicas.

No que diz respeito à localização, o Mapa 19 apresenta a distribuição das unidades de geração térmica correspondentes a 90% da potência outorgada do País, por classes de potência outorgada e destino da energia.

⁹ Para efeito de análise, consideram-se como geração térmica as categorias de gás natural, derivados de petróleo, carvão, nuclear, biomassa e outras, da Tabela 2.3, do *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015* (2015, p. 59) da EPE.

Mapa 19 - Unidades de geração térmica de energia elétrica correspondente a 90% da potência outorgada (MW), por destino da energia - 2015



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015.

É notável o escasso número de unidades dedicadas ao serviço público de geração de energia elétrica, o que, por outro lado, é relativizado pela potência elevada das poucas unidades existentes. Sua localização concentra-se nas Regiões Sudeste e Norte do País, onde as instalações representadas com maior potência, no Mapa 19, ajudam a compor o quadro de geração das capitais e do entorno de Porto Velho (RO), Manaus (AM) e Macapá (AP). A Tabela 26 apresenta a potência outorgada total das unidades de geração térmica, segundo o destino da energia.

Tabela 26 - Potências outorgadas das unidades de geração térmica de energia elétrica, segundo o destino de energia - 2015

Destino de energia	Potências outorgadas das unidades de geração térmica de energia elétrica	
	Total (kW)	Participação (%)
Total	39 596 653,45	100,00
Produtores Independentes de Energia	27 599 331,75	69,70
Serviço Público	6 039 130,62	15,25
Autoprodutores de Energia Elétrica	4 402 652,50	11,12
Mais de um destino/dado não disponível	1 555 538,58	3,93

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015.

Os produtores independentes de energia são predominantes no conjunto das unidades de geração térmica, respondendo por 69,7% da potência outorgada, e constituem uma fonte auxiliar e garantidora da confiabilidade do sistema elétrico brasileiro, já que sua geração é complementarmente programável para atender picos de consumo de energia, ao passo que as hidrelétricas podem sofrer com reservatórios baixos, por questões climáticas sazonais, e, nesta situação, possuem menor capacidade de resposta.

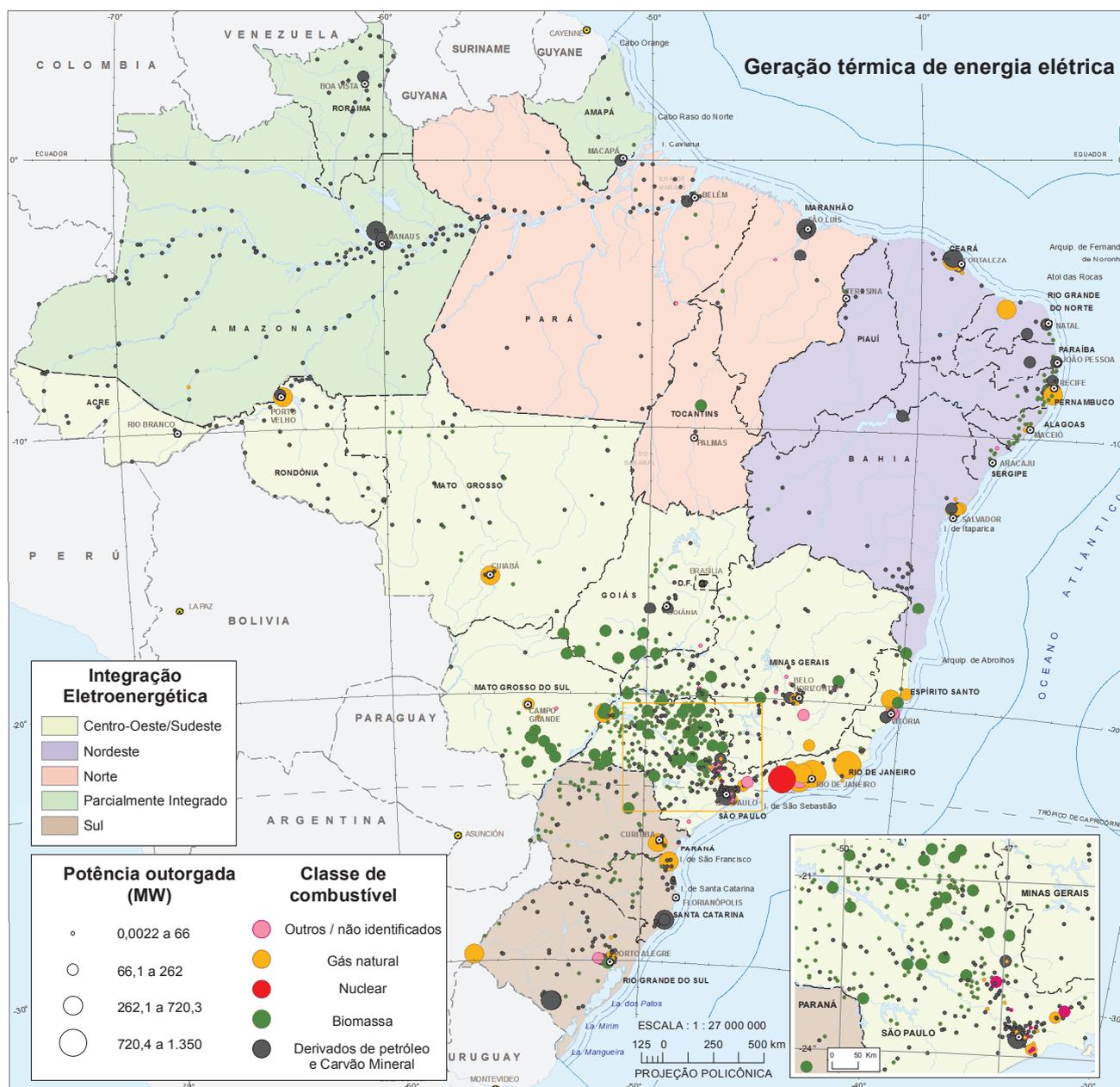
Destacam-se ainda, em relação ao destino da energia, as unidades autoprodutoras, com participação de 11,1% no conjunto da potência outorgada. Na geração hidráulica, a participação dessa categoria era de apenas 1,3%. Tal fato aponta para a flexibilidade de instalação, geração e localização que a geração térmica possui em relação à hidráulica.

O Mapa 20 apresenta a distribuição das unidades de geração térmica, por classes de potência outorgada, combustível utilizado e Regiões de Integração Eletroenergética do SIN. É expressiva a concentração de grandes geradores térmicos de eletricidade que utilizam gás natural, presentes no Estado do Rio de Janeiro e com alguma ocorrência pontual no restante do País. Observa-se também a presença pontual da geração nuclear, exclusiva do estado fluminense.

A Tabela 27 apresenta a potência outorgada total das unidades de geração térmica, segundo o combustível utilizado. Observa-se que as categorias de biomassa, gás natural e derivados de petróleo e carvão mineral correspondem a 90,4% do total da potência outorgada (kW).

Destaca-se, em plano principal, a concentração espacial das unidades que se utilizam da biomassa como combustível no Estado de São Paulo, sul de Goiás e sudeste do Mato Grosso do Sul, formando uma área de considerável coesão. De acordo com a Tabela 28, São Paulo concentra 45,8% da geração térmica total com biomassa, seguido por Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás, com 12,2%, 10,2% e 8%, respectivamente. Essa concentração das unidades de geração térmica com biomassa sugere que existam efeitos locais da disponibilidade do combustível, uma vez que essas áreas são reconhecidamente produtoras de cana-de-açúcar, cujo subproduto bagaço é um dos combustíveis que compõem a categoria biomassa.

Mapa 20 - Unidades de geração térmica de energia elétrica - 2015



Fontes: 1. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Anel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015. 2. Operador Nacional do Sistema Elétrico (Brasil). Mapa de integração electroenergética. Brasília, DF: ONS, [2015b]. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx#>. Acesso em: jul. 2015.

Tabela 27 - Potências outorgadas das unidades geradoras térmicas de energia elétrica, segundo as classes de combustível utilizado - 2015

Destino de energia	Potências outorgadas das unidades geradoras térmicas de energia elétrica	
	Total (kW)	Participação (%)
Total	39 594 733,45	100,00
Biomassa	12 427 816,10	31,39
Gás natural	12 016 727,65	30,35
Derivados de Petróleo e Carvão Mineral	11 359 916,70	28,69
Nuclear	1 990 000,00	5,03
Outros	1 800 273,00	4,55

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015.

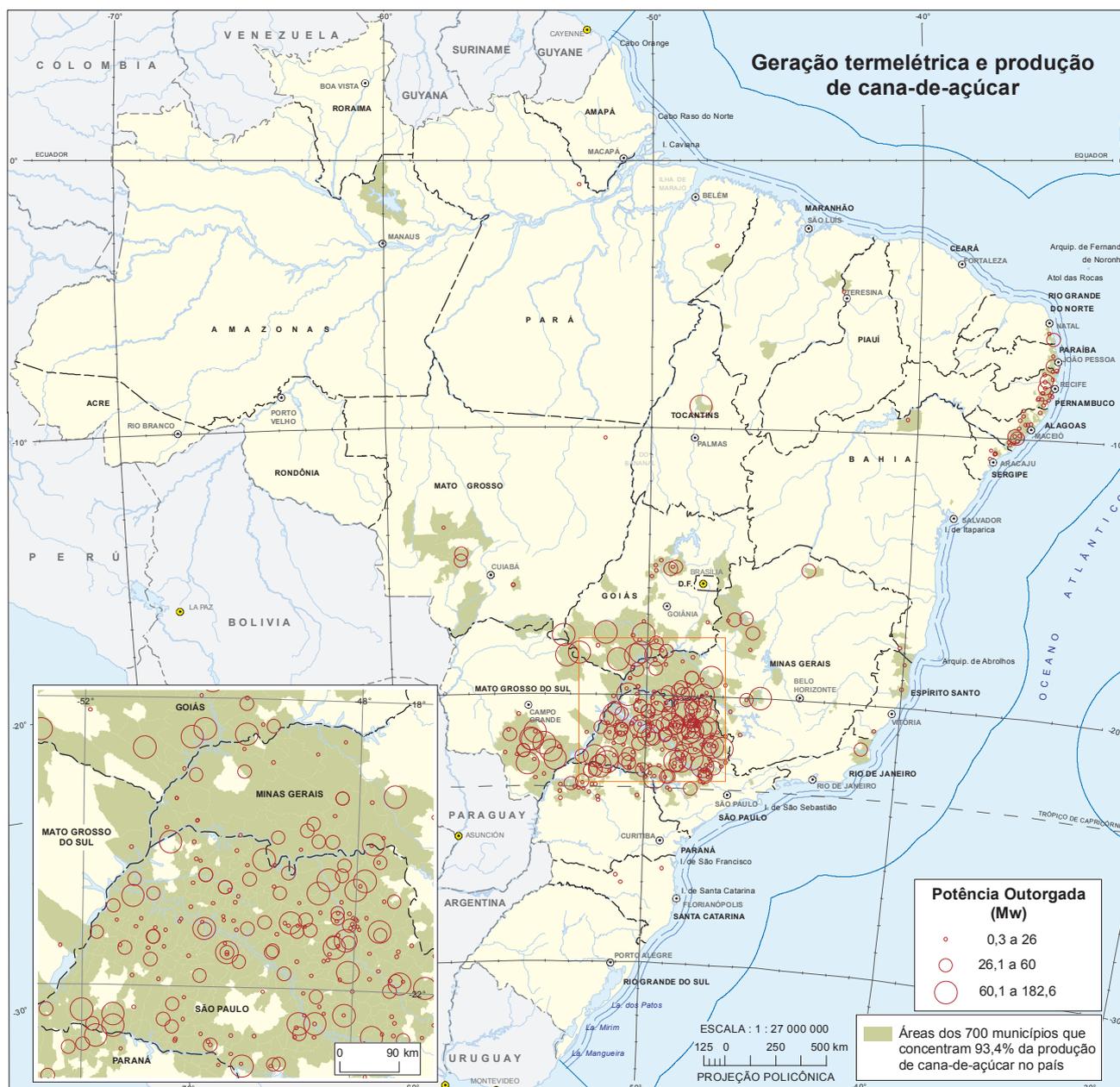
Tabela 28 - Potência outorgada das unidades de geração térmica de energia elétrica de classe de combustível biomassa, segundo as Unidades da Federação - 2015

Unidades da Federação	Potência outorgada das unidades de geração térmica de energia elétrica de classe de combustível biomassa	
	Potência outorgada (kW)	Participação (%)
Brasil	12 427 816,10	100,00
São Paulo	5 687 998,70	45,77
Mato Grosso do Sul	1 519 603,00	12,23
Minas Gerais	1 262 888,00	10,16
Goiás	989 872,00	7,96
Paraná	551 667,00	4,44
Bahia	526 510,00	4,24
Rio Grande do Sul	326 365,00	2,63
Pernambuco	275 819,00	2,22
Alagoas	236 162,00	1,90
Espírito Santo	228 000,00	1,83
Mato Grosso	216 132,00	1,74
Santa Catarina	179 301,00	1,44
Tocantins	80 000,00	0,64
Pará	77 110,40	0,62
Rio Grande do Norte	61 000,00	0,49
Sergipe	56 900,00	0,46
Paraíba	55 200,00	0,44
Rio de Janeiro	44 000,00	0,35
Maranhão	25 200,00	0,20
Amazonas	9 000,00	0,07
Piauí	8 800,00	0,07
Roraima	4 800,00	0,04
Rondônia	2 288,00	0,02
Amapá	1 700,00	0,01
Acre	1 500,00	0,01
Ceará	0,00	0,00
Distrito Federal	0,00	0,00

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015.

O Mapa 21 apresenta a distribuição das unidades de geração térmica que utilizam bagaço de cana-de-açúcar, por classes de potência outorgada. Observa-se que as concentrações da produção de cana-de-açúcar e das unidades de geração térmica que usam o bagaço dessa produção como combustível possuem relação evidente de sobreposição geográfica.

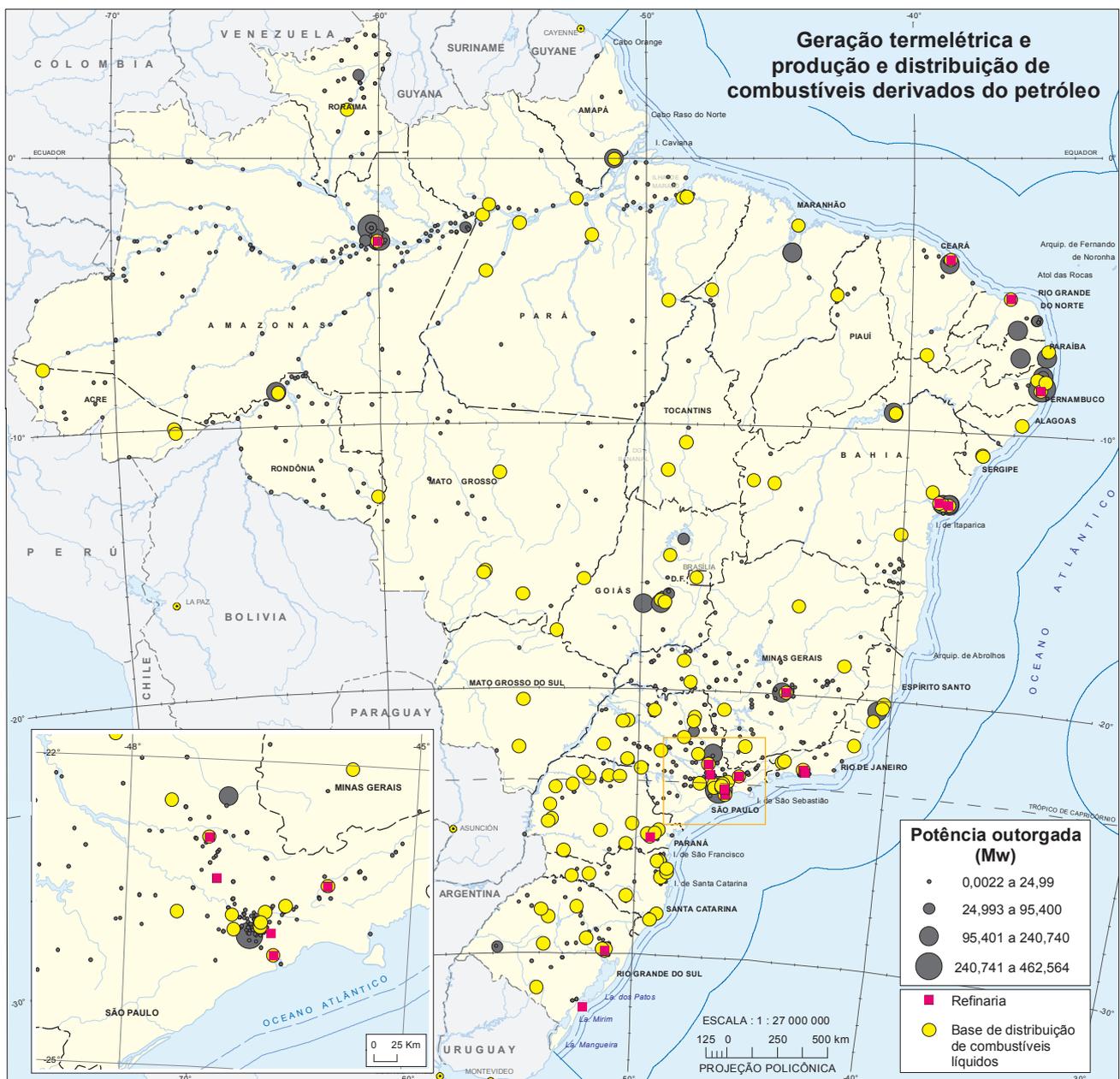
Mapa 21 - Unidades de geração térmica de energia elétrica que utilizam bagaço de cana-de-açúcar por potência outorgada (MW), por áreas produtoras de cana-de-açúcar - 2015



Fontes: 1. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015. 2. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes 2013. Rio de Janeiro: IBGE, v. 40, 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2014/default.shtm>>. Acesso em: maio 2016.

O Mapa 22 apresenta a distribuição das unidades de geração térmica que utilizam óleo diesel e óleo combustível, sendo ambos classificados como derivados do petróleo, por classes de potência outorgada. Observa-se a difusão dessas unidades pelo território, encontrando-se concentrações de pequenas e médias geradoras nos entornos das Regiões Metropolitanas de São Paulo (SP) e Belo Horizonte (MG), e um agrupamento ao longo do vale do Rio Amazonas, que, nesse caso, sugere atendimento a cidades que compõem o sistema isolado.

Mapa 22 - Unidades de geração térmica de energia elétrica que utilizam combustíveis derivados de petróleo - 2015



Fontes: 1. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015. 2. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Processamento de petróleo (b). In: _____. Refino e processamento de gás natural: dados mensais. Rio de Janeiro: ANP, [2015p]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=18599&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&r=&ps=&1438638204643>>. Acesso em: jul. 2015. 3. _____. Relação de bases compartilhadas. In: _____. Como funciona a distribuição de combustíveis líquidos no Brasil. Rio de Janeiro: ANP, [2015h]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74740&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&r=&ps=&1438176446658>>. Acesso em: jul 2015. 4. _____. Relação de bases de combustíveis exclusiva. In: _____. Como funciona a distribuição de combustíveis líquidos no Brasil. Rio de Janeiro: ANP, [2015i]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74740&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&r=&ps=&1438176446658>>. Acesso em: jul 2015.

Ainda com base no Mapa 22, uma análise do padrão locacional dessas geradoras em função das bases de distribuição de combustíveis líquidos sugere que, excetuando-se as térmicas do vale do Rio Amazonas, as concentrações são geograficamente próximas. Entretanto, esse padrão locacional pode ser relativizado em virtude de esses aglomerados ocorrerem em áreas de expressiva atividade econômica; além disso, a relação pode estar orientada por esse fator comum e não em razão de uma relação de proximidade entre estes.

Quando analisada, contudo, a relação entre as unidades geradoras de maior potência outorgada e a presença de refinarias de petróleo, a relação espacial se torna mais evidente, destacando-se os entornos de Manaus (AM), Fortaleza (CE), Recife (PE), Salvador (BA), São Paulo (SP) e Belo Horizonte (MG). São Luís (MA), o complexo de geradoras localizadas no centro do Estado de Goiás e o entorno de Goiânia (GO) constituem uma exceção a este padrão locacional.

Outras unidades geradoras

As unidades de geração eólica e solar completam o quadro de geração de energia elétrica do País. Caracterizadas como energias renováveis, limpas e de baixíssimo impacto ambiental, essas fontes energéticas têm crescido ao longo dos anos à medida que suas tecnologias se tornam mais baratas e mais produtivas.

A geração eólica cresceu aproximadamente 560%, de 2010 a 2014, saltando de 2 177 GWh para 12 210 GWh anuais no período. A participação dessa fonte de energia, entretanto, ainda é baixa, mesmo com considerável avanço, representando 2,1% do total em 2014, segundo o *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015* (2015, p. 59).

A Tabela 29 apresenta a potência outorgada total das unidades de geração eólica, por destino da energia, segundo as Unidades da Federação que possuem empreendimentos desse tipo.

Tabela 29 - Potências outorgadas das unidades de geração eólica de energia elétrica, segundo as Unidades da Federação - 2015

Unidades da Federação	Potências outorgadas das unidades de geração eólica de energia elétrica (kW)				Participação (%)
	Total	PIE	REG	REG RN482	
Total	5 340 134,24	5 330 715,00	9 386,74	32,50	100,00
Participação (%)	100,00	99,82	0,18	0,00	
Maranhão	25,10	0,00	22,50	2,60	0,00
Piauí	88 000,00	88 000,00	0,00	0,00	1,65
Ceará	1 248 623,30	1 248 600,00	0,00	23,30	23,38
Rio Grande do Norte	1 672 662,60	1 670 850,00	1 806,00	6,60	31,32
Paraíba	64 200,00	64 200,00	0,00	0,00	1,20
Pernambuco	26 750,00	24 750,00	2 000,00	0,00	0,50
Sergipe	34 500,00	34 500,00	0,00	0,00	0,65
Bahia	900 490,00	900 490,00	0,00	0,00	16,86
Minas Gerais	156,00	0,00	156,00	0,00	0,00
Rio de Janeiro	28 050,00	28 050,00	0,00	0,00	0,53
São Paulo	2,24	0,00	2,24	0,00	0,00
Paraná	2 500,00	2 500,00	0,00	0,00	0,05
Santa Catarina	236 400,00	231 000,00	5 400,00	0,00	4,43
Rio Grande do Sul	1 037 775,00	1 037 775,00	0,00	0,00	19,43

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015.

Quanto à destinação, pode-se observar a predominância do agente produtor independente de energia, o que aponta para uma fonte auxiliar no fornecimento público e produção para o próprio consumo, enquanto os empreendimentos menores e embrionários explicam as demais categorias.

A energia elétrica gerada por painéis fotovoltaicos é muito baixa ainda para compor alguma participação auxiliar confiável na geração pública de energia - sua potência instalada, segundo o *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015* (2015, p. 57), corresponde a 0,01% da capacidade geradora nacional. A Tabela 30 apresenta a potência outorgada total das unidades geradoras fotovoltaicas, por destino da energia, segundo as Unidades da Federação.

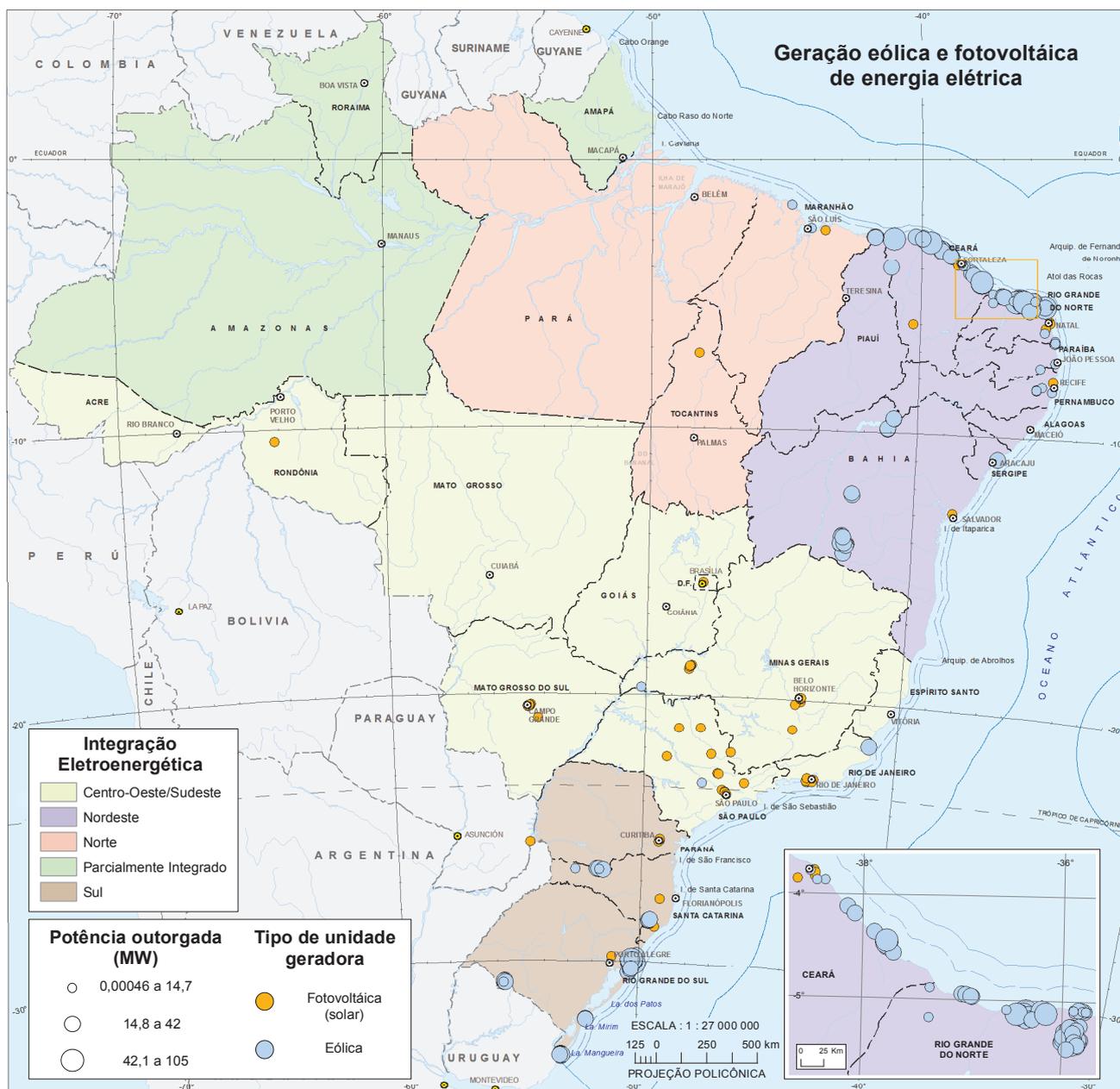
O Mapa 23 apresenta a distribuição das unidades de geração eólica e fotovoltaica, por classes de potência outorgada e Regiões de Integração Eletroenergética do SIN. A concentração das unidades de geração eólica nos estados do Nordeste é notória, correspondendo a 76% da potência instalada, majoritariamente no Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia. Destaca-se, ainda, nesse quadro, o Estado do Rio Grande do Sul, com 19,4%. Na geração fotovoltaica, o destaque é para a difusão de instalações no Estado de São Paulo, que, apesar de possuir 12 unidades, responde por 15% da potência instalada. O Estado do Ceará, por sua vez, possui cinco empreendimentos, que somados respondem por 67,2% (Mapa 23, Tabelas 29 e 30).

Tabela 30 - Potências outorgadas das unidades geradoras fotovoltaicas de energia elétrica, segundo as Unidades da Federação - 2015

Unidades da Federação	Potências outorgadas das unidades geradoras fotovoltaicas de energia elétrica (kW)			Participação (%)
	Total	REG	REG RN482	
Total	7 462,46	6 629,79	832,67	100,00
Participação (%)	100,00	88,84	11,16	
Rondônia	20,48	20,48	0,00	0,27
Tocantins	13,00	0,00	13,00	0,17
Maranhão	51,93	51,93	0,00	0,70
Ceará	5 017,65	5 000,00	17,65	67,24
Rio Grande do Norte	202,95	0,00	202,95	2,72
Pernambuco	3,48	0,00	3,48	0,05
Bahia	404,80	404,80	0,00	5,42
Minas Gerais	135,64	0,00	135,64	1,82
Rio de Janeiro	382,26	0,00	382,26	5,12
São Paulo	1 125,85	1 102,12	23,73	15,09
Paraná	15,60	0,46	15,14	0,21
Santa Catarina	8,70	0,00	8,70	0,12
Rio Grande do Sul	2,16	0,00	2,16	0,03
Mato Grosso do Sul	27,96	0,00	27,96	0,37
Distrito Federal	50,00	50,00	0,00	0,67

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015.

Mapa 23 - Unidades geradoras eólicas e fotovoltaicas de energia elétrica - 2015



Fontes: 1. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Sigel: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015. 2. Operador Nacional do Sistema Elétrico (Brasil). Mapa de integração eletroenergética. Brasília, DF: ONS, [2015b]. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx#>. Acesso em: jul. 2015.

A transmissão de energia elétrica: topologia da rede

A rede de transmissão de energia elétrica interliga as unidades de produção, como as usinas hidrelétricas e termoeletricas, as geradoras eólicas e nucleares, bem como as subestações, responsáveis pelo roteamento da energia pela rede e pela sua passagem das ligações da transmissão (a longa distância) para a distribuição (em redes locais, quer intraurbanas, quer para as cidades não diretamente acessadas pelas linhas de transmissão).

Como o objetivo deste trabalho tem foco nos padrões espaciais da logística de energia no território, para a presente análise, a rede de transmissão controlada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS foi simplificada pela agregação do número de pontos interconectados por município, que passou a ser assumido como a unidade espacial da rede. A rede, em realidade, é composta pela superposição de diversas redes de companhias energéticas individuais, porém operadas integradamente, formando uma entidade em escala nacional, na qual a energia flui por toda sua extensão, segundo as necessidades de demanda e as possibilidades da oferta, conforme avaliação da ONS. A configuração espacial dessa rede pode ser vista no Mapa 24, que mostra os municípios conectados por linhas de transmissão do SIN. A conexão entre cidades é, dessa forma, apenas uma maneira de dar visibilidade ao processo de organização do território em termos de transmissão de energia. Tal conexão é, portanto, apenas uma aproximação, não se tratando necessariamente de um fenômeno de caráter estritamente urbano.

Os pares de ligação pelas linhas do SIN evidenciam uma significativa concentração da infraestrutura no Centro-Sul do País, sobretudo no Estado de São Paulo. Esta situação é consistente com a distribuição da população e dos polos de atividade econômica, que são os grandes demandantes de energia elétrica. Nota-se também que os grandes projetos hidrelétricos do País, nomeadamente a Usina Hidrelétrica de Itaipu, em Foz do Iguaçu (PR), e as Usinas Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, em Porto Velho (RO), possuem linhas de alta capacidade e diversos circuitos redundantes ligando-os diretamente às proximidades da Metrópole de São Paulo (SP).

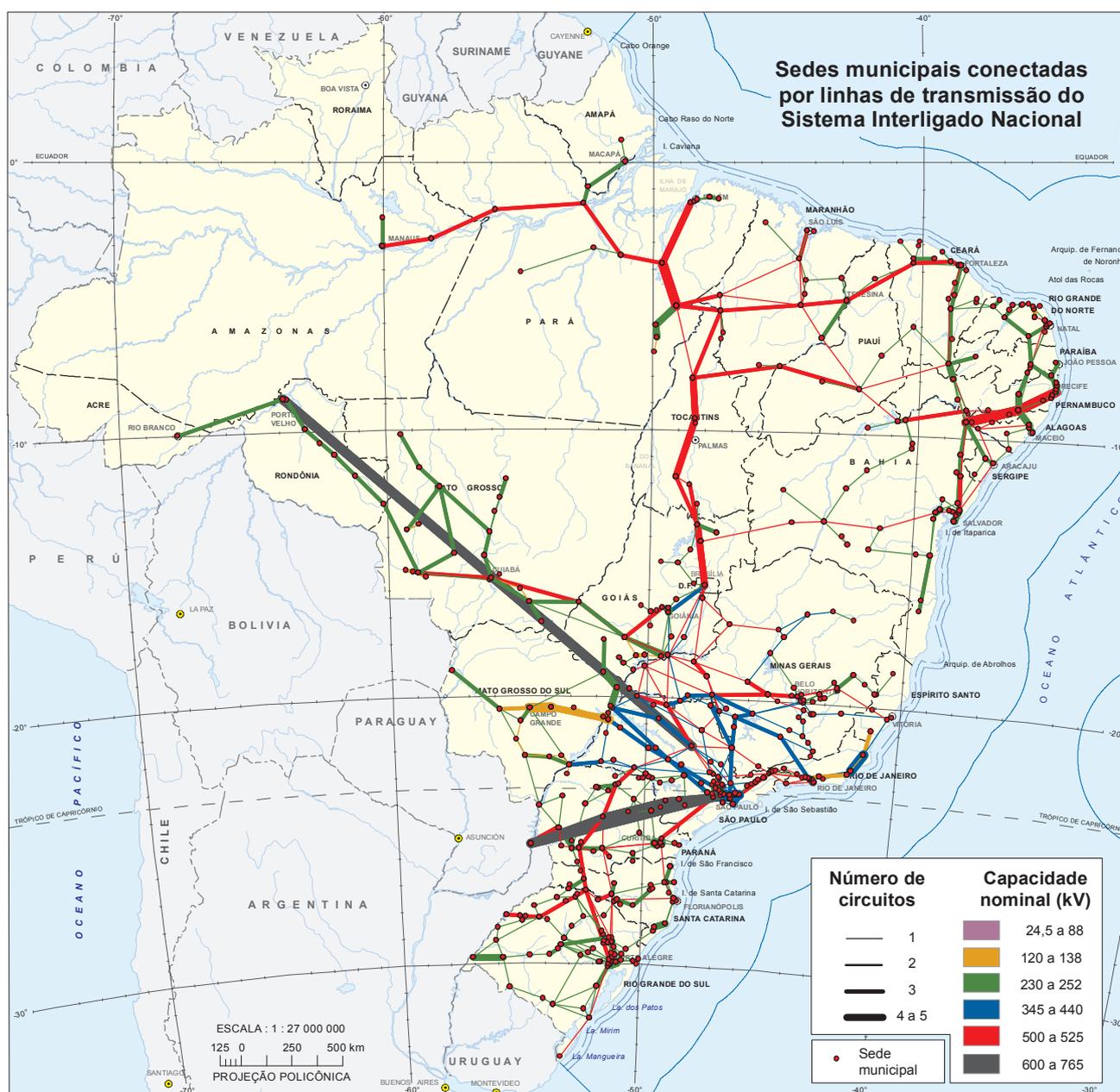
Apesar da concentração de linhas, a maior parte do Território Nacional encontra-se integrada pelo Sistema, com exceção de áreas dos Estados do Acre, Amazonas e Amapá e da totalidade do Estado de Roraima, este último com uma ligação em direção à Venezuela, mas que não faz parte do Sistema. Os sistemas isolados, isto é, aqueles que produzem energia elétrica por meios exclusivamente locais, em que pese sua grande extensão em área, correspondem a menos de 1% da produção nacional (ELETROBRAS, 2015).

A interconexão das Regiões Nordeste e Norte à Região Sudeste se faz por meio do eixo Belém-Brasília, com um ramo alternativo através do interior do Estado da Bahia. Nota-se que as linhas mais estruturantes do Sistema possuem uma alta capacidade de transmissão, com tensão de 500 kV em sua maioria.

As linhas com capacidade intermediária, de 345 a 440 kV, concentram-se na Região Sudeste. Isso se explica em virtude da maior antiguidade da rede nesta região - em momentos anteriores essas linhas atendiam uma determinada demanda, porém, com o crescimento econômico e o correspondente aumento do uso de energia, as linhas de menor quilovoltagem tendem a ser complementadas pelas de maior capacidade, instaladas mais recentemente. Também conta o fato de, na Região Sudeste, a distância média entre as cidades ser menor, não sendo necessária uma tensão muito alta das linhas para evitar perdas com a deterioração da transmissão.

Em geral, as conexões de 230 a 252 kV encontram-se em áreas compatíveis com uma demanda relativamente mais reduzida, situando-se mais em direção às fronteiras meridionais do Território Nacional; certas porções da Região Nordeste; cobrindo os Estados do Mato Grosso e Rondônia, e se estendendo até o Acre, áreas de ocupação historicamente mais recente. Os pares de ligação de menor capacidade, por sua vez, nas primeiras classes de dados, correspondem, em sua maioria, a linhas não pertencentes à rede básica, com caráter complementar e de supervisão da rede, com exceções importantes como no Mato Grosso do Sul, onde possuem um papel fundamental no sistema estadual.

Mapa 24 - Municípios interconectados pelo Sistema Interligado Nacional - SIN - 2015



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia, com base nos dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS.

Em relação à evolução do Sistema, quando comparada à situação ilustrada no mapa de 2006 (LOGÍSTICA..., 2006), observa-se que uma expansão significativa ocorreu pela incorporação dos subsistemas isolados da Região Norte, a saber: as linhas direcionadas para Porto Velho (RO) e Rio Branco (AC) e a construção das Usinas Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio (RO), com uma já mencionada conexão exclusiva com São Paulo, de alta capacidade, realizada através do Município de Araraquara (SP). Além dessa, também existe a extensão dos ramais do Estado do Pará em direção a Manaus (AM) e Macapá (AP), agregando ao Sistema nacional a Usina Hidrelétrica de Balbina, localizada no Município de Presidente Figueiredo (AM). Também é possível perceber uma densificação geral do Sistema, com o aumento de ligações redundantes, isto é, o acréscimo de circuitos novos entre pares de cidades em resposta ao crescimento da demanda. Por fim, cabe mencionar o aumento significativo da participação da produção de energia eólica, com a ligação das áreas produtoras no litoral cearense e daquelas do Rio Grande do Norte direto ao Sistema.

Dada a complexidade da rede de energia elétrica, envolvendo diversas companhias geradoras, interconectando 456 municípios e perfazendo 1 282 pares de ligações, é útil o emprego de ferramentas oriundas da Teoria dos Grafos, que permitem visualizar a lógica de interconexão da rede, de maneira topológica, indo além de sua representação espacial. Esse instrumental de análise de redes constitui um método bem-estabelecido e difundido na literatura dos estudos dos fenômenos de lógica reticular, quer de natureza estritamente social, como no trabalho clássico de Moreno (1960), quer nos de caráter geográfico (NYSTUEN; DACEY, 1961). Mais recentemente, dentro dessa visão espacial, chama-se a atenção para os trabalhos que utilizam a análise topológica de redes em diferentes fenômenos, como os *backbones* de Internet (O'KELLY; GRUBESIC, 2002; MOTTA, 2012) e as redes urbanas na América do Sul (EGLER, 2012).

A partir da elaboração de grafos, torna-se possível discernir os principais nós daqueles que são mais periféricos em uma rede, bem como a existência de sub-redes, grupos de pontos interconectados, cujas ligações formam uma coesão entre si maior do que o restante da própria rede, e, por fim, porções que ficariam isoladas em caso de desligamento de um ou mais nós. O estabelecimento das lógicas topológicas, ao explicitar as conexões entre os vértices de uma rede, auxilia na compreensão de fenômenos que poderiam passar despercebidos apenas com a utilização de representações espaciais, uma vez que se formam "curtos-circuitos" e estreitamentos de relações para além da distância euclidiana. A Figura 2 ilustra a maneira pela qual os municípios se conectam por meio da rede de energia elétrica.

O grafo da Figura 2 torna claro que o SIN pode ser dividido em duas grandes partes: o Centro-Sul, que inclui os ramais em direção a Rondônia e Acre, com maior densidade de nós, e representado na metade à direita da imagem; e o Norte-Nordeste, cujos nós se apresentam de maneira um pouco mais espaçada, do lado esquerdo. O conjunto de vértices situados ao centro da figura representa as cidades que fazem a ligação entre esse dois grandes "subsistemas", como Brasília (DF), Minaçu (GO), Luziânia (GO) e Colinas do Sul (GO), evidenciando que a posição relativamente próxima ao centro geométrico do País é importante para a conectividade total do Sistema.

São Paulo (SP) é o nó com o maior grau, isto é, o ponto com o maior número de ligações (58), quer com outros vértices, quer internas ao próprio município. Também estão incluídas neste número as ligações redundantes, isto é, em duplicidade com outros pontos da rede. Esse fato facilmente se explica por São Paulo ser o município mais populoso do Brasil, notório local onde se concentram as atividades econômicas mais variadas, sendo, portanto, um foco de forte demanda de energia. A seguir, destacam-se Trairi (CE), com 50 ligações, um dos pontos de concentração da produção da energia eólica no Brasil; Paulo Afonso (BA), com 48, sítio da maior usina hidrelétrica da Região Nordeste, a Paulo Afonso IV; Mogi das Cruzes (SP), com 41; e Curitiba (PR), com 39.

Apesar de fornecer indícios da importância de determinado nó na rede, o simples exame do grau, isto é, do número de conexões que um vértice possui, pouco diz sobre a maneira pela qual os pontos da rede se inter-relacionam. O próprio caso de Trairi (CE) exemplifica essa questão, já que seu alto grau se deve a ligações internas ao próprio município e a ligações redundantes com o município vizinho, configurando-se como uma “ponta de rede”, ou seja, um nó na extremidade, apesar de possuir um grau da ordem de grandeza de São Paulo, não possui o número de conexões diretas a várias cidades grandes como a metrópole paulista.

Dessa forma, para se ter uma noção melhor do nível de centralização de uma rede, dos nós com acesso mais rápido e direto aos demais, ou daqueles que são mais periféricos, uma técnica de interesse é o cálculo dos índices de proximidade (*closeness*) e de intermediação (*betweenness*). Levando-os em consideração, é possível avaliar cada nó individualmente em sua relação com o conjunto da rede. A comparação da posição relativa dos vértices com os maiores índices pode ser vista nas Tabelas 31 e 32.

Dentre os pontos do território que possuem maior capacidade de intermediação, destacam-se os que se encontram no eixo central do País, em uma linha imaginária que parte do Triângulo Mineiro e se estende até o norte de Tocantins, porção do território fundamental para que o conjunto da rede permaneça conectado entre si. Fora desse eixo, destaca-se Araraquara (SP), em virtude de sua ligação com as Usinas Hidrelétricas de Jirau e Santo Antônio, em Porto Velho (RO), e de ser um ponto de passagem importante de todas as linhas que se direcionam a São Paulo.

Em geral, as cidades que apresentam forte índice de intermediação também possuem usinas hidrelétricas e são pontos significativos de produção de energia elétrica, como Fronteira (MG), Saudade do Iguaçu (PR) e Itá (SC).

É interessante notar a presença de cidades do Piauí com índices de intermediação elevados - estado cuja porção sul faz a ligação entre aquele centro de alta intermediação e o litoral da Região Nordeste, aparentando sofrer de forte efeito de túnel: as linhas de energia simplesmente passam pelo estado, embora ele mesmo seja pouco conectado, o que explica o papel intermediador importante das Cidades de São João do Piauí e Ribeiro Gonçalves.

A rede de transmissão operada pelo ONS, em seus nós mais centrais, contorna as grandes concentrações urbanas do País, que são, em larga medida, mais servidas pelas redes de distribuição, em nível mais local, com as exceções de Brasília (DF) (metrópole em posição central no território brasileiro) e São Paulo (SP), centro econômico do País. Esse fato é corroborado pela observação das cidades com os maiores índices de proximidade (Tabela 32).

Tabela 31 - Municípios conectados pelo Sistema Interligado Nacional com os maiores Índices de Intermediação - 2015

Posição ocupada	Municípios e respectivas Unidades da Federação	Índice * 100
1º	Araporã (MG) (1)	46,30
2º	Brasília (DF)	44,36
3º	Minaçu (GO)	42,26
4º	Araraquara (SP)	39,75
5º	Fronteira (MG)	38,08
6º	Colinas do Tocantins (TO)	33,28
7º	Gurupi (TO)	32,04
8º	Miracema do Tocantins (TO)	31,86
9º	Assis (SP)	29,01
10º	Manoel Ribas (PR)	24,32
11º	Londrina (PR)	22,05
12º	São João do Piauí (PI)	20,25
13º	Ribeiro Gonçalves (PI)	19,51
14º	Saudade do Iguaçu (PR)	17,28
15º	Itá (SC)	16,90
16º	São Paulo (SP)	15,53

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia, com base nos dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS.

(1) Município pertencente ao Arranjo Populacional de Itumbiara/GO.

Tabela 32 - Municípios conectados pelo Sistema Interligado Nacional com os maiores Índices de Proximidade - 2015

Posição ocupada	Municípios e respectivas Unidades da Federação	Índice * 100
1º	Fronteira (MG)	14,08
2º	Araporã (MG) (1)	14,04
3º	Araraquara (SP)	14,00
4º	Brasília (DF)	13,56
5º	Assis (SP)	13,41
6º	Santa Vitória (MG)	13,41
7º	Ouroeste (SP)	13,29
8º	Poços de Caldas (MG)	13,23
9º	Ribeirão Preto (SP)	13,22
10º	Planura (MG)	13,19
11º	Araguari (MG)	13,16
12º	Campinas (SP)	13,15
13º	Bauru (SP)	12,96
14º	Minaçu (GO)	12,95
15º	Aparecida de Goiânia (GO)	12,90
16º	Caldas Novas (GO)	12,85

Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia, com base nos dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS.

(1) Município pertencente ao Arranjo Populacional de Itumbiara/GO.

Há bastante coincidência entre os municípios de maior centralidade e intermediação, indicando que vários locais com papel de intermediação na rede são também aqueles com o maior número de conexões diretas com os vários nós que a compõem. O primeiro município no *ranking* de centralidade é Fronteira (MG), local da Barragem de Marimondo, próxima ao núcleo de concentração das atividades industriais do País e, de fato, um polo fundamental para a produção e o roteamento

da energia elétrica no Brasil. Seguem-se Araporã (MG), na área de contato entre as redes do Sudeste-Sul e Norte-Nordeste, e Araraquara (SP), ponto que recebe as linhas de alta capacidade diretamente das usinas situadas em Porto Velho (RO). Brasília (DF) segue de maneira similar a Araporã (MG), em uma posição geometricamente central no Brasil, sede dos poderes públicos e uma das principais metrópoles do País. Em geral, os Estados de Minas Gerais, São Paulo e, secundariamente, Goiás, são os mais representados em termos de índice de proximidade, sugerindo que a demanda por energia elétrica, localizada mais fortemente no Sudeste, é responsável por atrair os pontos mais centrais, o que acompanha o fato de a instalação de usinas hidrelétricas seguir a distribuição natural das bacias hidrográficas aproveitáveis também naquelas Unidades da Federação.

No que diz respeito às mensurações da centralidade, a rede de transmissão de energia elétrica, na medida do possível e com as exceções de Brasília (DF) e São Paulo (SP), contorna as maiores metrópoles do País e sua aglomeração de atividades, construções, pessoas, veículos etc., que se encontram mais na ponta consumidora do que no centro da transmissão. Essas grandes cidades se servem dos pontos que se localizam em sua proximidade para a obtenção de energia.

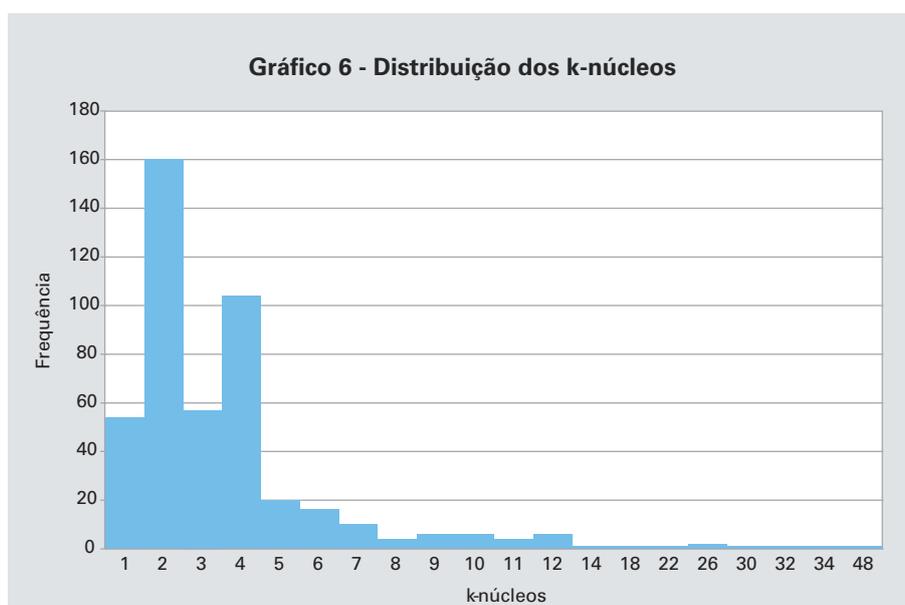
Uma vez estabelecida a visão geral da topologia da rede, cabe buscar agrupamentos de vértices que formam uma coesão forte, estando mais firmemente conectados entre si do que o restante dos vértices. No lugar de enfatizar o número de ligações de cada nó em particular, a atenção será voltada para a existência de núcleos de vértices que formam uma sub-rede coesa. Uma técnica que permite discerni-la é o k -núcleo (NOOY; MRVAR; BATAGELJ, 2011), onde k indica o grau mínimo de cada vértice que forma o núcleo coeso.

Há, assim, uma mudança de ênfase - do grau individual e da medida da centralidade de cada nó para o grau de um grupo de vértices. Um k -núcleo de valor 3, por exemplo (denominado doravante de 3-núcleo), contém todos os vértices com, no mínimo, três vizinhos¹⁰, que estão, por sua vez, ligados a vértices que também possuem no mínimo três ligações. Com essa técnica, é possível marcar subconjuntos máximos, no qual todos os vértices selecionados estão o mais próximo possível de estarem todos interconectados entre si, atendendo ao critério escolhido (o número de ligações mínimo). Esse subgrupo, então, não pode ter um vértice adicionado sem alterar sua coesão interna, seja porque todos os outros vértices têm graus menores do que 3, no caso do exemplo, seja porque os que possuem este grau ou maior não se conectam diretamente a este núcleo.

Como a maioria dos nós da rede de transmissão de energia elétrica encontra-se nos núcleos 1, 2 e 3 (59,4% dos vértices), sua eliminação facilita a visualização dos k -núcleos mais elevados, aqueles pontos com maior número de ligações e mais forte coesão.

Na rede, o grau máximo que forma uma sub-rede coesa é 48. Vértices a partir de 14 ligações, porém, dificilmente formam subconjuntos com mais de dois nós, conforme mostra o Gráfico 6, principalmente porque essa quantidade de arcos corresponde a ligações internas de um município (como linhas de eletricidade ligando uma termoeletrica a uma subestação de força) ou, no máximo, a ligações entre equipamentos de rede situados em municípios vizinhos, o que tem pouco significado espacial e, assim, também foram eliminados.

¹⁰ A noção de vizinhança no tocante às redes tem um sentido topológico, sobretudo em redes de transmissão de energia elétrica que se baseiam nessa lógica: dois nós, embora fisicamente muito distantes um do outro, podem ser considerados vizinhos se há uma ligação direta entre eles.



Fonte: IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia, com base nos dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS.

Conforme pode ser observado no Gráfico 6, o k-núcleo que atende ao critério de eliminar os pontos de menor conectividade e possuir um número razoável de vértices é o 5-núcleo, patamar no qual há uma quebra na distribuição da frequência, justificando sua seleção (Figura 3).

O subconjunto do 5-núcleo é composto de sete grupos de nós, altamente interconectados por ligações redundantes. Algumas grandes cidades e capitais estaduais podem ser notadas, além de Brasília (DF) e São Paulo (SP), como anteriormente mencionado, porém dificilmente aparecem em posição de destaque, o que fornece evidências a favor da interpretação de que as grandes concentrações urbanas possuem apenas um papel secundário na rede de transmissão - por exemplo, em Pernambuco, vários municípios periféricos a Recife possuem pontos de conexão, mas não a capital propriamente dita.

Os grupos formados criam um recorte regional que não obedece os limites estaduais. O primeiro grupo corresponde à zona de alto poder de intermediação, como visto no cálculo do índice de intermediação abrangendo o Brasil central (Tocantins, Goiás, Distrito Federal e partes do Mato Grosso e Minas Gerais). O segundo grupo, no Nordeste, liga Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e o Complexo Hidrelétrico de Paulo Afonso (BA) tendo como um dos nós principais a Cidade de Campina Grande (PB). Outros grupos notórios são os de São Paulo-Paraná, este constituindo uma das áreas mais urbanizadas do País, em que grandes concentrações urbanas apresentam um papel mais significativo na rede); do Rio Grande do Sul-Santa Catarina; e do litoral cearense, este apresentando um caráter linear, que corresponde ao complexo gerador de energia eólica. O fato de este último constituir um dos grupos do 5-núcleo é a evidência de sua crescente importância na matriz energética brasileira atual. Por fim, há tríades de cidades no Mato Grosso do Sul-São Paulo e em torno da capital baiana, que, contudo, parecem ser de pouco significado geográfico.

Pelo fato de haver grupos regionais coesos, levantam-se questões em relação à ligação entre eles, já que o sistema é interligado como um todo. Cabe, dessa forma, investigar se existem vértices de corte, isto é, nós que são intermediários entre duas porções da rede e que, se forem removidos, elas não se conectariam e estariam fisicamente isoladas. O subconjunto da rede, com no mínimo três nós, que não contém esse vértice de corte, isto é, que não possui uma porção que possa ser desconectada com a remoção de um nó, é denominado bicomponente (NOOY; MRVAR; BATAGELJ, 2011). Dentro do bicomponente não existe um vértice específico que possa controlar o fluxo entre os nós porque sempre há um caminho alternativo de contato entre qualquer par de vértices.

A presença de vértices de corte, ou pontes de ligação, é sinal de que há gargalos estruturais na rede pelos quais o fluxo deve necessariamente passar, caso se queira atingir todos os nós. A verificação desses pontos de estrangulamento é apresentada na Figura 4.

As ligações da rede de transmissão de energia elétrica se estruturam de maneira a possuir nove bicomponentes - oito nos Estados do Paraná, São Paulo, Bahia, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Pará e Mato Grosso; e o nono grupo, não representado na figura, composto justamente pelo restante da rede, que constitui a maior parte dos vértices, praticamente seu conjunto.

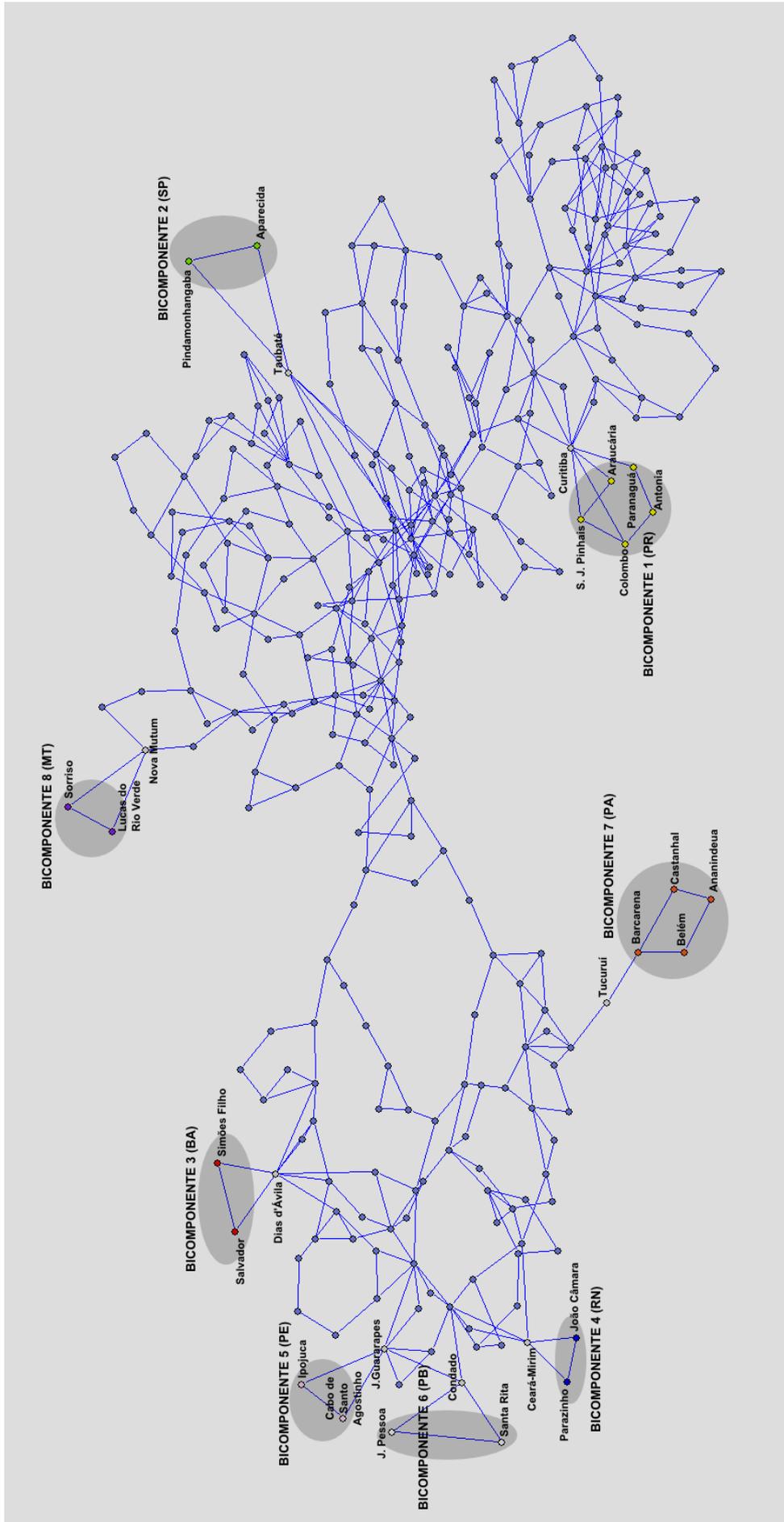
Nota-se que os gargalos estruturais da rede estão em suas pontas, quer em áreas mais periféricas, quer envolvendo pouca quantidade de nós, quando em regiões geograficamente mais centrais. Isso significa que a rede como um todo possui boa estabilidade estrutural, com os grupos do 5-núcleo, identificados anteriormente, não correndo risco de falta de conexão entre si, uma vez que eles não formam bicomponentes facilmente isoláveis. Além disso, as duas grandes porções da rede, identificadas pela elaboração do grafo topológico (Centro-Sul, de um lado, e Nordeste-Norte, de outro), possuindo uma área com forte poder de intermediação em torno de Brasília (DF) e do Arranjo Populacional de Itumbiara-Araporã, mostram um certo afunilamento nas conexões. Há um ponto de contato mais sensível formado pelos nós de Colinas do Sul (GO) e Gurupi (TO), que realizam a ligação das redes do Nordeste, região principalmente consumidora de energia, com o Centro-Sul, responsável pela maior parte da produção. Há, porém, caminhos alternativos e redundantes para a passagem de energia elétrica entre eles, e somente com a eliminação simultânea desses dois vértices se formariam dois grandes subsistemas isolados.

A consideração da topologia da rede indica robustez, em que pese a complexidade das ligações e o fato de interligar a maior parte do Território Nacional, de dimensões continentais. Os estrangulamentos na estrutura da rede são secundários, e suas partes que formam núcleos bem interligados são também, por sua vez, bem conectadas entre si.

A estrutura geral segue fortemente os ditames das necessidades técnicas da rede física, não raro sobrepujando a influência dos processos econômicos e sociais, haja vista que as grandes concentrações urbanas são pouco preeminentes, e as áreas de concentração da produção hidrelétrica, que dependem da configuração natural das bacias hidrográficas, apresentam grande centralidade.

É possível notar, entretanto, que a estrutura da rede urbana brasileira também impõe alguns condicionantes: ao integrar Porto Velho (RO) e Rio Branco (AC) - que, topologicamente, pertencem ao Sudeste - ao sistema interligado, essa conexão foi realizada, entre outras formas, pela instalação de linhas diretamente a São Paulo (SP), bem consistente com a forma da rede urbana nacional (REGIÕES..., 2008). Além disso, as redes de transmissão no Norte e no Nordeste apresentam densidades consideravelmente menores de subestações e linhas, refletindo a distribuição desigual das atividades econômicas e da demografia.

Figura 4 - Bicomponentes



IBGE, Diretoria de Geociências, Coordenação de Geografia, com base nos dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS.

Considerações finais

Em seus aspectos gerais, a distribuição espacial da infraestrutura de produção, distribuição e consumo de energia no País segue mais as necessidades técnicas do seu funcionamento do que são condicionadas pela geografia das atividades econômicas. Tendo a matriz energética participação majoritária na geração hidrelétrica, cujas condições de produção possuem especificidades ditadas pelo meio natural - vazão hidrográfica, presença de desníveis -, sua localização se faz longe das grandes metrópoles e dos centros industriais do País. A produção de petróleo, também dependente das condições naturais de sua extração, é geograficamente concentrada, sobretudo marítima, porém com o refino localizado em grandes cidades. Isso não quer dizer, entretanto, que a logística de energia no Brasil encontra-se separada do funcionamento cotidiano da economia, o que significaria a paralisação do parque industrial produtivo. Nesse sentido, é possível perceber que alguns determinantes clássicos da localização industrial, como o acesso à matéria-prima, exercem influência clara na produção de energia. Nesse sentido, cabe destacar o caso do etanol, que é uma indústria majoritariamente situada em justaposição às áreas produtoras de cana-de-açúcar.

As estruturas de transporte dos insumos energéticos, espacialmente mais restritas no caso do petróleo e do gás, e crescentemente complexas no caso da transmissão de energia elétrica, são responsáveis pela conexão entre a produção e a distribuição. Também há ligações da produção de energia com o sistema de transporte, porque boa parte da produção de combustíveis líquidos é realizada pelo sistema viário, não possuindo infraestrutura própria.

O Estado funciona como o agente que busca dotar seu território com os insumos logísticos necessários para o pleno funcionamento de sua economia. Ao expandir a oferta, a transmissão e a distribuição de energia pelo território, ele vai além das estratégias espaciais particulares das diversas atividades econômicas, ao mesmo tempo que precisa levá-las em conta, com a função de fornecer uma macrologística de ordenamento de seu espaço.

Assim, a inescapável concentração de demanda por energia, tributária da desigual distribuição de atividades pelo território, é atendida. Ela se dá sobretudo no Centro-Sul e, mais ainda, em torno da metrópole de São Paulo (SP), apesar de as condições de geração de energia possuírem lógicas distintas da concentração econômica. A logística de energia se configura exatamente pela construção dessa ponte: conectar as áreas geradoras, razoavelmente dispersas, aos pontos que demandam essa energia.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). *Manual de controle patrimonial do setor elétrico - MCPSE*. Brasília, DF: Aneel, 2009. 217 p. Anexo à Resolução normativa n. 367, de 2 de junho de 2009, da Aneel. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/aren2009367_2.pdf>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Registro de central geradora - RCG*. Brasília, DF: Aneel, [2015a]. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/scg/rcg/default.asp>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Resolução normativa n. 482, de 17 de abril de 2012*. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF: Aneel, 2012. 4 p. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20482,%20de%202012%20-%20bip-junho-2012.pdf>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Sigel*: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015b]. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/sigel.html>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Sigel*: sistema de informações georreferenciadas do setor elétrico. Brasília, DF: Aneel, [2015c]. Help do sistema. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/org/aipim/help/index.html>>. Acesso em: maio 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (Brasil). *BDEP*: banco de dados de exploração e produção. Rio de Janeiro: ANP, [2015a]. Disponível em: <<http://app.anp.gov.br/webmaps/>>. Acesso em: ago. 2015.

_____. *Distribuição de gás natural liquefeito*. Rio de Janeiro: ANP, [2015b]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=71888&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1441745407736>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Distribuidores de gás natural comprimido (GNC) autorizados*. Rio de Janeiro: ANP, 2015c. Disponível em: <www.anp.gov.br/?dw=60916>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Formulação de combustíveis*. In: _____. *Autorizações para refino de petróleo, processamento de gás natural e produção de derivados*. Rio de Janeiro: ANP, [2015d]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=73795&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438796957404>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *O gás natural liquefeito no Brasil: experiência da ANP na implantação dos projetos de importação de GNL*. Rio de Janeiro: ANP, 2010. 73 p. (Séries temáticas ANP, n. 4). Disponível em: <www.anp.gov.br/?dw=36796>. Acesso em: maio 2016.

_____. *Glossário*. Rio de Janeiro: ANP, 2014. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=582>>. Acesso em: maio 2016.

_____. *Mapas de concessões*. Rio de Janeiro: ANP, [2015e]. Disponível em: <http://www.brasil-rounds.gov.br/portugues/mapas_de_concessoes.asp>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Processamento de petróleo (b)*. In: _____. *Refino e processamento de gás natural: dados mensais*. Rio de Janeiro: ANP, [2015p]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=18599&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438638204643>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Processamento de petróleo (m³)*. In: _____. *Refino e processamento de gás natural: dados mensais*. Rio de Janeiro: ANP, [2015q]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=18599&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438638204643>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Produção de combustíveis por centrais petroquímicas*. In: _____. *Autorizações para refino de petróleo, processamento de gás natural e produção de derivados*. Rio de Janeiro: ANP, [2015f]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=73795&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438796957404>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Produção de derivados (bep)*. In: _____. *Refino e processamento de gás natural: dados mensais*. Rio de Janeiro: ANP, [2015r]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=18599&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438638204643>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Produção de derivados (m³)*. In: _____. *Refino e processamento de gás natural: dados mensais*. Rio de Janeiro: ANP, [2015s]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=18599&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438638204643>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Refino de petróleo*. In: _____. *Autorizações para refino de petróleo, processamento de gás natural e produção de derivados*. Rio de Janeiro: ANP, [2015g]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=73795&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438796957404>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. Relação de bases compartilhadas. In: _____. *Como funciona a distribuição de combustíveis líquidos no Brasil*. Rio de Janeiro: ANP, [2015h]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74740&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438176446658>>. Acesso em: jul 2015.

_____. Relação de bases de combustíveis exclusiva. In: _____. *Como funciona a distribuição de combustíveis líquidos no Brasil*. Rio de Janeiro: ANP, [2015i]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74740&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438176446658>>. Acesso em: jul 2015.

_____. Relação de bases de GLP. In: _____. Informações sobre o mercado. Rio de Janeiro: ANP, [2015j]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=74512&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1440763661396>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. Relação de instalações reguladas abertas. In: _____. *Distribuição e revenda*. Rio de Janeiro: ANP, [2015l]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=2880>>. Acesso em: ago. 2015.

_____. *Simpweb biodiesel*: cadastro de produtor de biodiesel. Rio de Janeiro: ANP, [2015m]. Disponível em: <<http://app.anp.gov.br/anp-cpl-web/public/biodiesel/consulta-produtores/consulta.xhtml>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Simpweb etanol*: cadastro de produtor de etanol. Rio de Janeiro: ANP, [2015n]. Disponível em: <<http://app.anp.gov.br/anp-cpl-web/public/etanol/consulta-produtores/consulta.xhtml>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *SLP*: sistema de levantamento de preços. Rio de Janeiro: ANP, [2016]. Informações relativas a dez. 2014. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Mensal_Index.asp>. Acesso em jun. 2016.

_____. Unidade estacionária de produção 2015. In: _____. *Plataformas em operação*. Rio de Janeiro: ANP, [2015t]. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=67467&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1465231606273>>. Acesso em: ago. 2015.

ANÁLISE da regulamentação, da estrutura da indústria e da dinâmica de formação dos preços do gás natural do Brasil. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, 2011. 44 p. Nota técnica conjunta n. 002/2011-CDC-SC, da Coordenadoria de Defesa da Concorrência e da Superintendência de Comercialização e Movimentação de Petróleo, seus Derivados e Gás Natural. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?dw=58828>>. Acesso em: maio 2016.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO BRASILEIRO DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS 2014. Rio de Janeiro: ANP, 2014. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO BRASILEIRO DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS 2015. Rio de Janeiro: ANP, 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=anu%E1rio&t1=&t2=anu%E1rio&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1462992282104>>. Acesso em: maio 2016.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ENERGIA ELÉTRICA 2015: ano base 2014. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2015. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Forms/Anurio.aspx>>. Acesso em: maio 2016.

ARRANJOS populacionais e concentrações urbanas do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. 167 p. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/geografia_urbana/arranjos_populacionais/default.shtm?c=9>. Acesso em: maio 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE GÁS CANALIZADO. *Concessionárias*. Rio de Janeiro: Abegás, [2015]. Disponível em: <http://www.abegas.org.br/Site/?page_id=839>. Acesso em: maio 2016.

ATLAS de energia elétrica do Brasil. 3. ed. Brasília, DF: Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel, 2008. 233 p. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: maio 2016.

BACIAS hidrográficas brasileiras. In: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). *Hidroweb*: sistema de informações hidrológicas. Brasília, DF: ANA, [2015]. Arquivos digitais de mapas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?Tocltem=4100>>. Acesso em: ago. 2015.

BALANÇO energético nacional. Séries históricas completas 1970-2014. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, [2015]. Conjunto de planilhas que reproduzem as mesmas tabelas apresentadas no volume impresso do periódico. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: jul. 2015.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2015: ano base 2014. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2015. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: maio 2016.

BIGGAR, D. R.; HESAMZADEH, M. R. *The economics of electricity markets*. Chichester: Wiley, 2014. 409 p.

BOLETIM DO ETANOL. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, n. 4, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=79694>>. Acesso em: maio 2016.

BOLETIM MENSAL DA PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, n. 58, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=77431&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1442377790803>>. Acesso em: maio 2016.

BOLETIM MENSAL DE ACOMPANHAMENTO DA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, Departamento de Gás Natural, n. 98, maio 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138769/1732803/Boletim_Gas_Natural_nr_98_mai_15.pdf>. Acesso em: maio 2016.

BOLETIM MENSAL DO BIODIESEL. Rio de Janeiro: Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=76420&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1438029199152>>. Acesso em: maio 2016.

BRASIL. Lei n. 9.074, de 07 de julho de 1995. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, ano 133, n. 129-A, 8 jul. 1995. Seção 1, p. 10125-10128. Disponível em: <<http://www.presidencia.gov.br/legislacao>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. Lei n. 12.351, de 22 de dezembro de 2010. Dispõe sobre a exploração e a produção de petróleo, gás natural e outros hidrocarbonetos fluidos, sob o regime de partilha de produção, em áreas do pré-sal e em áreas estratégicas; cria o Fundo Social - FS e dispõe sobre sua estrutura e fontes de recursos; altera dispositivos da Lei n. 9.478, de 6 de agosto de 1997; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, ano 147, n. 245, 23 dez. 2010. Seção 1, p. 1-5. Disponível em: <<http://www.presidencia.gov.br/legislacao>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. Lei n. 13.033, de 24 de setembro de 2014. Dispõe sobre a adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final; altera as Leis n. 9.478, de 6 de agosto de 1997, e 8.723, de 28 de outubro de 1993; revoga dispositivos da Lei no 11.097, de 13 de janeiro de 2005; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, ano 151, n. 185, 25 set. 2014. Seção 1, p. 3. Disponível em: <<http://www.presidencia.gov.br/legislacao>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 75, de 5 de março de 2015. Fixa, a partir da zero hora do dia 16 de março de 2015, o percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível à gasolina. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, ano 152, n. 44, 6 mar. 2015a. Seção 1, p. 17. Disponível em: <<http://www.presidencia.gov.br/legislacao>>. Acesso em: jul. 2015.

_____. Ministério de Minas e Energia. *Programa nacional de produção e uso do biodiesel*. Brasília, DF, [2015b]. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/pnpb.html>>. Acesso em: maio 2016.

COMISSÃO DE SERVIÇOS PÚBLICOS DE ENERGIA (SP). *Contrato de concessão n. CSPE 01/99 para exploração de serviços públicos de distribuição de gás canalizado que celebram entre si o Estado de São Paulo e a Companhia de Gás de São Paulo - Comgás*. São Paulo: CSPE, 1999. 101 p. Disponível em: <<http://www.comgas.com.br/pt/empresa/concessao/Documents/Downloads%20do%20site/Contrato%20de%20Concessao.pdf>>. Acesso em: maio 2016.

_____. *Contrato de concessão n. CSPE 02/99 para exploração de serviços públicos de distribuição de gás canalizado que celebram entre si o Estado de São Paulo e a Gás Brasileiro Distribuidora Ltda*. São Paulo: CSPE, 1999. 113 p. Disponível em: <http://www.arsesp.sp.gov.br/ConcessionariaContratos/contrato_gas_brasiliano.pdf>. Acesso em: maio 2016.

_____. *Contrato de concessão n. CSPE 03/99 para exploração de serviços públicos de distribuição de gás canalizado que celebram entre si o Estado de São Paulo e a Gás Natural São Paulo Sul S.A*. São

Paulo: CSPE, 2000. 106 p. Disponível em: <http://www.arsesp.sp.gov.br/ConcessionariaContratos/contrato_gas_natural.pdf>. Acesso em: maio 2016.

EGLER, C. A. G. Nodalidade e rede de cidades na América do Sul. *Confins*: revista franco-brasileira de Geografia, São Paulo: Universidade de São Paulo - USP, Departamento de Geografia, n. 16, 2012. Disponível em: <<http://confins.revues.org/7878>>. Acesso em: maio 2016.

ELETOBRAS. *Sistemas isolados*. Rio de Janeiro, [2015]. Disponível em: <<http://www.eletobras.com/elb/main.asp?ViewID=%7B79364694-1E07-42BC-80FB-3B9FD8773544%7D¶ms=itemID=%7BD92B6870-7661-4B04-8D65-861113ABB07D%7D;&UIPartUID=%7BD90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898%7D>>. Acesso em: maio 2016.

GUIMARÃES, F. L. *Preços de etanol no Brasil: uma análise espacial*. 2011. 126 p. Dissertação (Mestrado)-Escola de Economia de São Paulo - EESP, Fundação Getúlio Vargas - FGV, São Paulo, 2011. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/8843>>. Acesso em: maio 2016.

LOGÍSTICA da energia 2006. Rio de Janeiro: IBGE, [2006]. 1 mapa. Escala 1:5 000 000. Projeção policônica. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/logistica_energia_2006.pdf>. Acesso em: maio 2016.

MORENO, J. L. et al. (Ed.). *The sociometry reader*. Glencoe: Free Press, 1960. 773 p.

MOTTA, M. P. da. Topologia dos backbones de internet no Brasil. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Instituto de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, ano 24, n. 1, p. 21-36, jan./abr. 2012. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/13549>>. Acesso em: maio 2016.

NOOY, W. de; MRVAR, A.; BATAGELJ, V. *Exploratory social network analysis with Pajek*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 442 p. (Structural analysis in the social sciences).

NYSTUEN, J. D.; DACEY, M. F. A graph theory interpretation of nodal regions. *Papers in Regional Science*, Malden: Wiley, v. 7, n. 1, p. 29-42, Jan. 1961. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1435-5597.1961.tb01769.x/pdf>>. Acesso em: maio 2016.

O'KELLY, M. E.; GRUBESIC, T. H. Backbone topology, access, and the commercial internet, 1997-2000. *Environment and Planning B: Planning & Design*, London: Sage Publications, v. 29, n. 4, p. 533-552, Aug. 2002. Disponível em: <<http://epb.sagepub.com/content/29/4/533.abstract>>. Acesso em: maio 2016.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (Brasil). Intercâmbio entre as regiões. In: _____. *SIN: sistema interligado nacional*. Brasília, DF: ONS, [2015a]. Disponível em: <http://www.ons.org.br/historico/intercambio_entre_regioes.aspx>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *Mapa de integração eletroenergética*. Brasília, DF: ONS, [2015b]. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx#>. Acesso em: jul. 2015.

_____. *O que é o SIN: sistema interligado nacional*. Brasília, DF: ONS, [2015c]. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx>. Acesso em: maio 2016.

PETROBRAS. *Atuação no pré-sal*. Rio de Janeiro, [2015a]. Disponível em: <<http://www.petrobras.com/pt/energia-e-tecnologia/fontes-de-energia/pre-sal/>>. Acesso em: maio 2016.

_____. *Dois novos recordes de produção no pré-sal alcançados em maio*. Rio de Janeiro, [2015b]. Disponível em: <<http://www.petrobras.com/pt/magazine/post/dois-novos-recordes-de-producao-no-pre-sal-alcancados-em-maio.htm>>. Acesso em: maio 2016.

_____. *Produção de petróleo e gás natural cresce em abril*. Rio de Janeiro, [2015c]. Disponível em: <<http://www.petrobras.com/pt/magazine/post/producao-de-petroleo-e-gas-natural-cresce-em-abril.htm>>. Acesso em: maio 2016.

_____. *Produção de petróleo e gás natural cresce em julho*. Rio de Janeiro, [2015d]. Disponível em: <<http://www.petrobras.com/pt/magazine/post/producao-de-petroleo-e-gas-natural-cresce-em-julho.htm>>. Acesso em: maio 2016.

_____. *Produção no pré-sal bate novo recorde e ultrapassa a barreira de 500 mil barris de petróleo por dia*. Rio de Janeiro, [2015e]. Disponível em: <<http://www.petrobras.com/pt/magazine/post/producao-no-pre-sal-bate-novo-recorde-e-ultrapassa-a-barreira-de-500-mil-barris-de-petroleo-por-dia.htm>>. Acesso em: maio 2016.

_____. *Produção que operamos no pré-sal bate novo recorde*. Rio de Janeiro, [2015f]. Disponível em: <<http://www.petrobras.com/pt/magazine/post/detalhe-13.htm>>. Acesso em: maio 2016.

_____. *Tipos de plataformas: conheça as tecnologias das nossas operações no mar*. Rio de Janeiro, [2015g]. Infográficos. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/infograficos/tipos-de-plataformas/desktop/index.html>>. Acesso em: maio 2016.

PETROBRAS TRANSPORTE. *Transpetro ampliará capacidade operacional de oleoduto que liga São Paulo a Brasília*. Rio de Janeiro: Transpetro, 2014. Notícia de 30 set. 2014. Disponível em: <[http://www.transpetro.com.br/pt_br/imprensa/noticias/transpetro-ampliara-capacidade-operacional-de-oleoduto-que-liga-sao-paulo-a-brasil.html](http://www.transpetro.com.br/pt_br/imprensa/noticias/transpetro-ampliara-capacidade-operacional-de-oleoduto-que-liga-sao-paulo-a-brasil)>. Acesso em: maio 2016.

PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL: culturas temporárias e permanentes 2013. Rio de Janeiro: IBGE, v. 40, 2013. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2014/default.shtm>>. Acesso em: maio 2016.

PRODUÇÃO DA EXTRAÇÃO VEGETAL E DA SILVICULTURA 2013. Rio de Janeiro: IBGE, v. 28, 2013. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2013/default.shtm>>. Acesso em: maio 2016.

PRODUÇÃO DA PECUÁRIA MUNICIPAL 2012. Rio de Janeiro: IBGE, v. 40, 2012. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2014/default.shtm>>. Acesso em: maio 2016.

REGIÕES de influência das cidades 2007. Rio de Janeiro: IBGE, 2008. 201 p. Acompanha 1 CD-ROM. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/regic.shtm>>. Acesso em: maio 2016.

RIO DE JANEIRO (Estado). Governador (1995-1999: Marcello Nunes Alencar). *Contrato de concessão de serviços públicos de distribuição de gás canalizado [que celebram entre si o Estado do Rio de Janeiro e a Companhia Estadual de Gás do Rio de Janeiro - CEG]*. Rio de Janeiro, 1997. 31 p. Disponível em: <<http://www.agenersa.rj.gov.br/documentos/deliberacoes/CONTRATO%20DE%20CONCESSAO%20-%20CEG.pdf>>. Acesso em: maio. 2016.

_____. *Contrato de concessão de serviços públicos de distribuição de gás canalizado [que celebram entre si o Estado do Rio de Janeiro e a Rio Gás S. A.]*. Rio de Janeiro, 1997. 32 p. Disponível em: <<http://www.agenersa.rj.gov.br/documentos/deliberacoes/CONTRATO%20DE%20CONCESSAO%20-%20CEG%20RIO.pdf>>. Acesso em: maio. 2016.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. *Estudos avançados*, São Paulo: Universidade de São Paulo - USP, Instituto de Estudos Avançados, v. 26, n. 74. 2012. Disponível em <http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10636/pdf_63>. Acesso em: maio 2016.

WHITE MARTINS. *Gás natural liquefeito (GNL): levando o gás natural para o interior do Brasil*. Rio de Janeiro, [2015]. Disponível em: <<http://www.praxair.com.br/gases/natural-gas/gnl>>. Acesso em: maio 2016.

Equipe técnica

Diretoria de Geociências

Coordenação de Geografia

Claudio Stenner

Planejamento e coordenação

Marcelo Paiva da Motta

Thiago Gervásio Figueira Arantes

Bruno Dantas Hidalgo

Equipe responsável

Cassio Albernoz Fonseca

Ronaldo de Cerqueira Carvalho

Mario Conceição Rangel

Marcelo Luiz Delizio Araújo

Thalita Campos Lima

Melissa de Carvalho Martingil

Felipe Mendes Cronemberger

Maira Magalhães Custódio de Carvalho (Estagiária)

Colaboradores

Adma Haman de Figueiredo

Luiz Carlos Louzada Morelli

Projeto Editorial

Centro de Documentação e Disseminação de Informações

Coordenação de Produção

Marise Maria Ferreira

Gerência de Editoração

Estruturação textual, tabular e de gráficos

Katia Vaz Cavalcanti

Beth Fontoura

Diagramação tabular e de gráficos

Beth Fontoura
Mônica Pimentel Cinelli Ribeiro

Diagramação textual

Maria da Graça Fernandes de Lima
Marisa Sigolo

Programação visual da publicação

Luiz Carlos Chagas Teixeira

Produção de e-book

Roberto Cavararo

Gerência de Documentação**Pesquisa e normalização bibliográfica**

Ana Raquel Gomes da Silva
Elizabeth de Carvalho Faria
Karina Pessanha da Silva (Estagiária)
Lioara Mandoju
Nadia Bernuci dos Santos
Solange de Oliveira Santos
Vera Lúcia Punzi Barcelos Capone

Normalização textual e padronização de glossários

Ana Raquel Gomes da Silva

Elaboração de quartas capas

Ana Raquel Gomes da Silva

Gerência de Gráfica**Impressão e acabamento**

Maria Alice Neves da Silva Nabuco

Gráfica Digital**Impressão**

Ednalva Maia do Monte

REDES E FLUXOS DO TERRITÓRIO

Logística de Energia

2015

O projeto Redes e Fluxos do Território constitui uma linha de investigação permanente do IBGE, que tem por objetivo analisar os relacionamentos e as ligações entre as cidades brasileiras, sua acessibilidade e a configuração espacial de suas trocas, quer de natureza material (pessoas, mercadorias, cargas), quer imaterial (informações, ordens, dinheiro).

Em continuidade à divulgação de estudos relacionados a esse projeto, o presente volume aborda o tema das redes e fluxos do território a partir da integração de dois grandes eixos da produção e distribuição de energia no País: de um lado, os combustíveis, como os derivados de petróleo, os biocombustíveis e o gás, e, de outro, a energia elétrica em seus diversos métodos de produção. Para tal, foram utilizadas informações de fontes externas, como a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, o Ministério de Minas e Energia, a Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado – ABEGÁS, bem como agências reguladoras de energia elétrica dos Estados de São Paulo e do Rio de Janeiro, além de informações do IBGE relativas à produção das matérias-primas associadas à bioenergia. A análise, vastamente ilustrada com tabelas, gráficos e mapas, está organizada em duas grandes seções – a primeira voltada ao petróleo, gás e biocombustíveis, contemplando aspectos de produção, transporte, armazenamento, distribuição, revenda e consumo; e a segunda com foco na geração e transmissão de energia elétrica. O volume é acompanhado de um mapa-mural sintético, integrando ambos os tipos de infraestrutura.

Com este estudo, o IBGE busca contribuir para o entendimento da distribuição espacial das complexas redes e fluxos de energia que articulam diferenciadamente o território brasileiro.

O conjunto dessas informações também está disponível no portal do IBGE na Internet.



ISBN 978-85-240-4382-6



9 788524 043826