

**Fernando Antonio Alves Muniz**

**O GÁS NATURAL NA MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS:  
Suas vantagens competitivas para o setor industrial mineiro**

**Belo Horizonte**

**2017**

**Fernando Antonio Alves Muniz**

**O GÁS NATURAL NA MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS:  
Suas vantagens competitivas para o setor industrial mineiro**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Administração Pública, Planejamento e Gestão Governamental da Fundação João Pinheiro, como requisito parcial para a obtenção do título de especialista.

Orientador: Glauber Flaviano Silveira

**Belo Horizonte  
2017**

**Fernando Antonio Alves Muniz**

**O GÁS NATURAL NA MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO DE MINAS GERAIS:  
Suas vantagens competitivas para o setor industrial mineiro**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Administração Pública, Planejamento e Gestão Governamental da Fundação João Pinheiro, como requisito parcial para a obtenção do título de especialista

**Aprovado na Banca Examinadora**

---

**Leonardo Barbosa de Moraes**

---

**Glauber Flaviano Silveira**

**Belo Horizonte, 28 de junho de 2017.**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para construir esse trabalho. Obrigado por ter guiado meus passos por um caminho vitorioso, protegendo-me dos todos os males e perigos.

A minha família pelo amor e incentivo nas horas difíceis, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo apoio incondicional em toda essa etapa da minha vida.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Glauber Flaviano Silveira, pelo suporte de forma objetiva e dedicada, que orientou e criticou de forma construtiva esse trabalho. Obrigado também a todo o corpo docente e a administração da Fundação João Pinheiro, que fizeram parte da minha formação e contribuíram de alguma forma na minha trajetória profissional.

Não poderia esquecer de agradecer aos meus colegas de curso, que tornaram as aulas mais produtivas, os trabalhos muito mais divertidos e as obrigações menos onerosas.

Um último agradecimento às pessoas que trabalham comigo na Gasmig – em particular ao Antonio, Daniel e Marcus, pela disposição em me ajudar sempre que solicitados e pela torcida em todos os momentos. Um agradecimento especial ao amigo e também professor Valério Francisco, que contribuiu com valiosas sugestões para esse trabalho, sendo muito atencioso em diversos momentos dessa caminhada.

*“Há pessoas que desejam saber só por saber, e isso é curiosidade;  
outras, para alcançarem fama, e isso é vaidade;  
outras, para enriquecerem com a sua ciência, e isso é um negócio torpe;  
outras, para serem edificadas, e isso é prudência;  
outras, para edificarem os outros, e isso é caridade.”*

**Santo Agostinho**

## RESUMO

A energia é um recurso essencial para a vida humana nas sociedades modernas. O desenvolvimento das diversas fontes de energia, aliado ao surgimento de novas tecnologias, alimenta o desenvolvimento econômico desde a Primeira Revolução Industrial. A disponibilidade de energia não é suficiente para garantir o crescimento econômico de uma nação, mas é condição necessária para alcançar esse fim, por isso se tornou objeto de interesse do Estado, por meio de políticas energéticas. Desde as crises do petróleo, o uso do gás natural tem sido incentivado em todo o mundo visando à diversificação da matriz energética. As questões ambientais e o aquecimento global também têm impulsionado o aumento da utilização do gás natural em todo planeta. Com a ampliação das fontes de energia, o gás natural passou a ser reconhecido como aquela que possui muitas vantagens quando comparado com os demais combustíveis fósseis. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é identificar as vantagens competitivas do gás natural para as indústrias mineiras. Para atender a essa proposta, foi realizada uma pesquisa de caráter exploratório, visando aumentar a familiaridade com o tema, por meio de revisão bibliográfica e documental. A literatura revelou que o gás natural possui vantagens que podem melhorar o impacto ambiental, aumentar a segurança, promover ganhos econômicos, além de outros benefícios diretos para as indústrias. Adicionalmente, foi feito um levantamento com a aplicação de um questionário, sobre as vantagens do gás natural, para profissionais da indústria mineira com notório conhecimento sobre o assunto. Nesse levantamento, ficou evidente que as vantagens ambientais, de segurança e diretas para o usuário são perceptíveis pela indústria. Por outro lado, vantagens classificadas como econômicas tiveram maior dispersão do valor percebido pelos consumidores. Por fim, para uma parcela da indústria mineira, a utilização do gás natural tem proporcionado melhoria da competitividade, ao aumentar a produtividade e qualidade dos seus produtos.

**Palavras-Chave: Gás natural. Vantagens competitivas. Indústria.**

## ABSTRACT

Energy is an essential resource for human life in modern societies. The development of diverse energy sources, along with the emergence of new technologies, has fueled economic development since the First Industrial Revolution. Energy availability itself is not sufficient to ensure the economic growth of a nation, but it is a required condition to achieve this end, therefore it has become an object of interest of the State, through energy policies. Since the oil crisis, the use of natural gas has been encouraged throughout the world aimed at the diversification of the energy matrix. Environmental issues and global warming have also driven the increased use of natural gas across the planet. With the expansion of energy sources, natural gas has been acknowledged as a font that has many advantages compared to other fossil fuels. In this context, the aim of this work is to identify the competitive advantages of natural gas for the industry in the state of Minas Gerais. To meet this proposal, an exploratory research was conducted in order to increase familiarity with the topic, through literature and document review. The literature revealed that natural gas has advantages that can improve environmental impact, increase safety, promote economic gains, and other direct benefits to industries. Additionally, a survey was carried out with the application of a questionnaire, on the advantages of natural gas, for industry professionals of Minas Gerais with notorious knowledge about the subject. In this survey, it became clear that the environmental, safety and direct advantages are noticeable by the industry. On the other hand, advantages classified as economic had greater dispersion of the value perceived by the consumers. Finally, for a portion of the industry of Minas Gerais, the use of natural gas has improved competitiveness by increasing the productivity and quality of its products.

**Key words: Natural Gas. Competitive advantages. Industry.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Produção de petróleo no século XX, em bilhões de barris/ano .....	17
Figura 2 - Origem e extração do gás natural .....	26
Figura 3 - Cadeia de valor do gás natural .....	28
Figura 4 - Cadeia de abastecimento do gás natural do poço ao consumidor .....	32
Figura 5 - Principais vantagens do gás natural, relatadas em pesquisa aberta .....	53
Gráfico 1 - Volumes distribuídos de gás natural por segmento – Minas Gerais – 2016.....	38
Gráfico 2 - A utilização do gás natural reduz o impacto ambiental provocado por minha empresa.....	50
Gráfico 3 - A utilização do gás natural melhora a imagem de sustentabilidade da minha empresa perante os clientes. ....	51
Gráfico 4 - A utilização do gás natural foi motivada por legislação ambiental ou necessidade de certificações.....	52
Gráfico 5 - O gás natural representa uma fonte de energia confiável e segura.....	53
Gráfico 6 -Considero justo pagar um valor um pouco mais alto no gás natural em função das vantagens oferecidas por esse energético.....	54
Gráfico 7 - A diversificação da matriz energética, com a introdução do gás natural, foi importante para a gestão energética da empresa, pois possibilitou maiores alternativas.....	55
Gráfico 8 - O uso do gás natural melhora a qualidade, produtividade e competitividade dos produtos da minha empresa. ....	56
Gráfico 9 - O fornecimento de gás natural é estável e contínuo, com baixíssimos índices de interrupção.....	56
Gráfico 10 - O uso do gás natural facilita a operação e controle dos processos produtivos da empresa.....	57
Gráfico 11 - O uso do gás natural reduz os custos de manutenção dos equipamentos.....	58
Gráfico 12 - O uso do gás natural aumenta o rendimento térmico e reduz o tempo de produção.....	58
Gráfico 13 - O gás natural é utilizado em minha empresa por ser um combustível mais limpo. ....	68
Gráfico 14 - A utilização do gás natural reduz o custo com o tratamento de emissões (gases de exaustão, material particulado, cinzas, etc.).....	68
Gráfico 15 - A utilização do gás natural aumentou a segurança nos processos produtivos..	69

Gráfico 16 - O uso do gás natural eliminou a armazenagem de combustíveis no interior das instalações.....	69
Gráfico 17 - O uso do gás natural diminui o custo dos processos produtivos da empresa....	70
Gráfico 18 - O pagamento após o consumo do gás natural é uma característica importante para o fluxo de caixa da empresa. ....	70
Gráfico 19 - O uso do gás natural implica em redução direta de mão de obra nos processos produtivos. ....	71
Quadro 1 - Vantagens da utilização do gás natural.....	36
Quadro 2 - Exemplo de Escala Likert.....	48
Quadro 3 - Classificação das repostas em função do valor percebido pelas indústrias quanto as vantagens do gás natural .....	59
Tabela 1 - Matriz energética mundial por fonte primária e participação relativa .....	20
Tabela 2 - Características de alguns tipos de gás natural no mundo .....	27
Tabela 3 - Especificação do gás natural no Brasil.....	27
Tabela 4 - Emissões padrão em atividades energéticas por tipo de combustível na indústria em kg/t.....	33
Tabela 5 - Usos do gás natural na indústria metalúrgica.....	40

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>MATRIZ ENERGÉTICA</b>	<b>12</b>
2.1	Conceito de energia	12
2.2	Fontes de energia	13
2.3	Política Energética e a atuação do Estado	20
<b>3</b>	<b>GÁS NATURAL</b>	<b>25</b>
3.1	Origem e definição	25
3.2	Cadeia do gás natural	28
3.2.1	Exploração e Processamento ( <i>Upstream</i> )	29
3.2.2	Transporte ( <i>Midstream</i> )	30
3.2.3	Distribuição ( <i>Downstream</i> )	31
3.3	Vantagens do gás natural	31
3.4	Usos do gás natural	37
3.4.1	Indústria de alimentos e bebidas	38
3.4.2	Indústria automobilística	39
3.4.3	Indústria cerâmica	39
3.4.4	Indústria metalúrgica	40
3.4.5	Indústria de mineração	40
3.4.6	Indústria de papel e celulose	41
3.4.7	Indústria siderúrgica	42
3.4.8	Indústria têxtil	43
3.4.9	Indústria vidreira	44
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>45</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>64</b>
	<b>APÊNDICES</b>	<b>67</b>
	<b>APÊNDICE A – Roteiro do Questionário</b>	<b>67</b>
	<b>APÊNDICE B – Gráficos das respostas não exibidos nos Resultados</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização das diversas fontes energia e o desenvolvimento tecnológico transformaram as sociedades modernas, proporcionando grandes mudanças na qualidade de vida das pessoas. A exploração energética permitiu o aumento da produtividade econômica, assim como promoveu novas formas de bem-estar para a população (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005).

Para a indústria, as fontes de energia tiveram um papel de destaque no seu desenvolvimento e crescimento. Segundo Mota (2015), a trajetória empreendida no uso de energéticos tiveram papel fundamental no processo de construção e renovação das estruturas industriais, refletindo em diversas mudanças nas matrizes energéticas dos países.

Segundo Calabi *et al.* (1983), a revolução industrial foi também uma revolução energética, já que o desenvolvimento industrial foi baseado na posse e uso, em grande escala, de fontes de energia acumuladas no subsolo terrestre, os combustíveis fósseis. Portanto, existe uma correlação entre a rota de desenvolvimento econômico e industrial com a utilização dos recursos energéticos, promovendo uma busca incessante por tecnologias de uso mais eficientes e por novos combustíveis.

Tendo em vista a sua importância para as sociedades, Bajay (1989) revela que um sistema energético compreende diversos atores sociais, entre eles: usuários comuns, indústrias, produtores, distribuidores, pesquisadores, fabricantes de tecnologia para uso das fontes de energia e também o Estado, que possui grande influência, por sua capacidade de decidir diversas variáveis críticas do sistema por meio de políticas energéticas.

As políticas energéticas visam garantir o suprimento de energia necessário ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social e ambiental de uma sociedade. Essas, procuram responder a questões conjunturais e estruturar o futuro de um país ou de uma região, ou seja, uma política pública. Dito de outra forma, a política energética é uma política de Estado, portanto a sua concepção e implementação se darão fundamentalmente no âmbito do Estado (PINTO JUNIOR *et al.*, 2016).

Segundo Leite (2014), os dois choques do petróleo alteraram completamente o panorama energético mundial. A elevação de preços do petróleo, promovida pelas nações produtoras e detentoras de enormes reservas, derrubou a confiança no suprimento e na estabilidade de preços vigentes até então. Esses fatos, provocaram ajustes na produção e no

consumo de energia, bem como induziram o desenvolvimento e a substituição do petróleo por fontes alternativas, como o gás natural, que passou a integrar as políticas energéticas de diversos países.

O papel tradicional do gás natural no contexto energético se alterou a partir desses acontecimentos da década de 1970. Os países importadores de petróleo passaram a buscar outras fontes de energia para reduzir a alta participação do petróleo em suas matrizes energéticas. Esse novo rumo resultou no crescimento das pesquisas e descoberta de grandes reservas de gás natural no planeta, permitindo a viabilidade de investimentos para utilização desse combustível (PINTO JUNIOR *et al.*, 2016).

O gás natural também é um combustível fóssil, que foi formado há milhões de anos no subsolo terrestre, sendo constituído basicamente por uma mistura de hidrocarbonetos leves. Segundo Monteiro e Silva (2010), o gás natural vem ocupando um papel de destaque na indústria, pois oferece inigualáveis vantagens e ganhos de eficiência em sua utilização.

A partir de 1995, com a introdução do gás natural na matriz energética do Estado de Minas Gerais, as indústrias locais iniciaram a utilização desse insumo em seus processos. O uso do gás natural como combustível pode substituir praticamente todas as demais fontes de energia. Essa preferência ocorre em função de diversas características e vantagens oferecidas por esse energético. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é identificar as vantagens do gás natural para a indústria mineira. Investigar-se-á, de forma mais específica, se o gás natural possui vantagens ambientais, econômicas, de segurança ou outras para os consumidores industriais. Adicionalmente, questiona-se se o uso do gás natural pode interferir na competitividade, produtividade e qualidade da produção industrial mineira.

Este trabalho empregou, em sua estrutura metodológica, a forma de pesquisa exploratória para aumentar a familiaridade com o assunto, com estudo bibliográfico e documental do tema proposto. Um questionário (*survey*) foi aplicado a respondentes da indústria mineira, com notório conhecimento sobre o assunto, buscando avaliar a percepção desses profissionais com relação às vantagens do gás natural.

## 2 MATRIZ ENERGÉTICA

### 2.1 Conceito de energia

O conceito de energia apresenta uma multiplicidade de aspectos e significados, sendo os mais pragmáticos aqueles originários da física, da economia e do senso comum. Os físicos possuem a prioridade na definição considerando o arcabouço científico envolvido. Já para a relação técnica-econômica, o sentido está ligado ao desenvolvimento da humanidade e a ótica produção e consumo de energia. No caso do senso comum, o significado está relacionado a linguagem comum do dia-a-dia, revelando uma riqueza de expressões em um contexto social (ROSA, 1985).

Segundo Calabi *et al.* (1983) a energia pode ser definida no meio físico como a capacidade para realizar trabalho, sendo esse responsável por alguma mudança nas relações físicas, seja de forma, tempo ou lugar. Assim, todos os fenômenos do mundo físico estão relacionados com uma forma de energia ou envolvem alguma transformação de energia.

A energia pode assumir diversas formas: mecânica, térmica, hidráulica, cinética e potencial, gravitacional, eletromagnética, química, nuclear, etc. De um modo geral, o que nos interessa é a energia de um sistema para produzir calor ou trabalho, resultando no deslocamento de uma massa pela ação de uma força. Exemplificando, uma corrente de água (hidráulica) produz trabalho ao mover uma turbina (mecânica cinética); a combustão do carvão (química) libera calor para aquecer um fluido (térmica), que empurra um êmbolo de uma máquina (mecânica cinética) e por fim gira a turbina que produz energia elétrica. O que ocorre em todos esses processos é a transformação de energia, onde reside um problema fundamental da humanidade: transformar uma forma de energia disponível para uma forma que satisfaça suas necessidades (ROSA, 1985).

É nesse sentido que ganha relevância os aspectos técnicos e econômicos da energia. Pode se dizer que o desafio é encontrar uma definição para energia que abarque os conceitos trazidos pela física, mas que também seja aplicável ao ambiente econômico, tendo em vista que o assunto passou a integrar os discursos políticos, os meios de comunicação em massa e a pesquisa tecnológica (CALABI *et al.*, 1983). Pois, “não há uma fronteira nítida que separe o domínio do estudo da Natureza das aplicações tecnológicas, já diretamente ligadas às necessidades e às relações sociais” (ROSA, 1985, p. 24).

Importante ressaltar que, conforme destacam Pinto Junior *et al.* (2016), o estudo da energia não se baseia fundamentalmente na ciência econômica, mas na física, pois a especificidade técnica exerce um papel mais relevante. No entanto, não se pode distanciá-lo da economia, já que a possibilidade de substituição entre as formas de energia impacta as condições de preço, oferta e demanda do mercado energético. Não obstante, as atividades de transporte, distribuição e comercialização de energia estão intimamente ligadas aos meios econômicos, uma vez que são necessários pesados investimentos para a disponibilização de recursos energéticos.

Para compreender o significado que a energia possui no contexto econômico, Calabi *et al.* (1983) sugerem a noção de um *conversor de energia*, em que o desenvolvimento humano está relacionado à capacidade de converter a energia disponível na natureza em energia útil para o suprimento de suas necessidades. Assim, os limites para utilização da energia estariam intrinsecamente ligados às habilidades tecnológicas desenvolvidas pelo homem, ou seja, aos *conversores de energia* existentes. Percebe-se assim que, desse ponto de vista, a energia útil ao homem é limitada, tornando-se um objeto de disputa no ambiente político, econômico e social.

Visto isso, Pinto Junior *et al.* enumeram cinco questões inter-relacionadas que tornaram as fontes energia um importante tema entre empresas, nações e consumidores. Esses temas estão associados:

- Às relações entre oferta e a demanda de energia e ao crescimento econômico sustentável.
- Às condições econômicas e geopolíticas que governam as relações comerciais e de interconexão física da infraestrutura de energia entre os diferentes países.
- Ao processo de formação de preços e aos critérios que presidem as decisões de financiamento, de investimento e de consumo de energia.
- Ao papel do Estado na formulação de políticas de oferta e demanda, do regime fiscal e/ou com a criação de empresas estatais.
- Ao papel das estratégias empresariais e das inovações tecnológicas que configuram, em última instância, um determinado padrão de concorrência nas indústrias energéticas. (PINTO JUNIOR *et al.*, 2016, p.4).

## 2.2 Fontes de energia

A primeira fonte de energia disponível ao homem é o próprio alimento, pois, considerando o seu organismo como um *conversor de energia*, entende-se que o alimento se transforma em calor, movimento, energia muscular e cerebral. A evolução dos sistemas energéticos humanos é inseparável das técnicas de apropriação da energia, resultando em

novas relações de exploração que se desenvolvem no universo social. A partir desse desenvolvimento, do crescimento populacional e da necessidade de novos recursos, o domínio do fogo, de animais e de plantas, se tornaram condições essenciais para que a humanidade conseguisse se estabelecer de maneira mais estável na natureza. Na sequência, foram criadas formas de domar a energia hidráulica e eólica, por meio da concepção de moinhos, embarcações e outros equipamentos, que substituíram alguns trabalhos manuais, aumentavam e transportavam a produção (CALABI *et al.*, 1983).

Até a Revolução Industrial, os meios de produção e fornecimento de serviços se estabeleciam sobre o trabalho humano, complementado pela tração animal, pela conversão das forças energéticas da água e do vento, bem como pela queima de lenha e carvão vegetal (LEITE, 2014). Isto posto, tem-se a Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra no final do século XVIII, como o grande marco que potencializou o uso de energia em larga escala pelo homem. Aquele período foi caracterizado pela modificação das estruturas produtivas, passando da manufatura para a indústria o papel de supridor de mercadorias. Um dos principais fatores para a industrialização foi o surgimento da máquina a vapor, uma nova forma de força propulsora, que só foi possível devido a utilização do carvão mineral como fonte de energia. Assim, Calabi *et al.* (1983) destacam que a revolução industrial foi também uma revolução energética, já que o carvão mineral passou a ser consumido em grande escala pelas indústrias. O carvão mineral e a máquina a vapor possibilitaram uma nova forma de realizar trabalho que, além de superior a força humana e animal, era mais fácil de controlar do ponto de vista técnico-operacional. Em vista disso, pode se dizer que o desenvolvimento industrial foi baseado na posse e uso de uma nova fonte de energia acumulada na natureza, proporcionada pela intensa exploração das minas de carvão.

Pinto Junior *et al.* (2016), confirmam esse pensamento ao observar que o surgimento da indústria mecanizada, por meio da máquina a vapor, foi possível apenas por haver uma fonte de energia, no caso o carvão mineral, com capacidade superior à força dos homens e animais. Foi naquele contexto que as fontes de energia passaram a incorporar novos significados, tais como: desenvolvimento, progresso, bem-estar econômico e social.

Um ponto importante no desenvolvimento da indústria do carvão foi a criação de estradas de ferro para o transporte deste combustível. Ora, se por um lado o carvão propiciou energia para as locomotivas à vapor, por outro lado possibilitou transportar quantidades crescentes dessa matéria-prima, criando um mercado antes inexistente. Com um maior volume disponível de carvão no mercado, houve uma baixa de preços, permitindo a diversificação do uso desse insumo e desenvolvimento da sua cadeia (CALABI *et al.*, 1983).

Observa-se assim que aquele cenário exigiu investimentos pesados na criação de infraestrutura para o desenvolvimento industrial, bem como no aprofundamento dos conhecimentos científicos e na busca pelo aperfeiçoamento tecnológico. A energia tornou-se, desde então, uma arena de trabalho para investidores, cientistas, engenheiros e economistas, criando um setor independente e autônomo, que desempenha um papel decisivo no equilíbrio da economia (PEREIRA, 2011).

Na esteira da utilização do carvão surgiu a indústria do gás, oriundo do processo de gaseificação deste mineral, que deu origem a um subproduto conhecido como “gás manufaturado”. A primeira aplicação do gás manufaturado foi na iluminação pública dos principais centros urbanos do século XIX, se expandindo rapidamente em função do seu baixo custo e melhor qualidade quando comparado ao sistema existente, baseado no óleo de baleia como combustível. Com a difusão da tecnologia do gás manufaturado, os governos locais passaram a se interessar pelo negócio, realizando aquisições de empresas privadas ou criando às próprias. Essa indústria de gás manufaturado perdurou até 1950, mas em função da concorrência de outros energéticos, passou a enfrentar dificuldades, dando lugar a utilização do gás natural como ocorre atualmente (PINTO JUNIOR *et al.*, 2016).

No caso brasileiro, Leite (2014) lembra que o carvão mineral não desempenhou o mesmo papel que nos países percursoros da Revolução Industrial, tendo em vista o quadro de industrialização tardia ocorrida no país. A baixa qualidade do carvão mineral nacional e as dificuldades de sua extração mantiveram a lenha como principal fonte de energia durante um longo período, fato este constatado ao se observar que a lenha representava três quartos da oferta interna de energia até 1940.

Segundo Calabi *et al.* (1983) a ocorrência da Segunda Revolução Industrial, datada a partir da segunda metade do século XIX, ofereceu novas tecnologias para a industrialização baseadas no consumo de novas fontes de energia acumulada na natureza. Aquele período marcou a entrada do petróleo, do motor a explosão e do automóvel como a vanguarda tecnológica da época. Do mesmo modo, a eletricidade também ganhou terreno na área industrial, assim como o ferro fundido foi gradualmente substituído pelo aço.

O petróleo marcou sua entrada como fonte de energia a partir da exploração bem-sucedida de poços, suportando a expansão das refinarias e a obtenção de querosene e outros subprodutos em escala industrial. A crescente cadeia de derivados do petróleo intensificou o progresso tecnológico daquela época, culminando na invenção de importantes conversores de energia, tais como os motores de combustão interna desenvolvidos por Otto,

Daimler e Diesel. Em outra vertente do desenvolvimento energético, a energia elétrica contou com o surgimento de vários instrumentos que possibilitaram a ampliação de seu emprego, a saber: o dínamo de Siemens, a lâmpada de Edison, a alta tensão de Deprez e a corrente alternada de Tesla (LEITE, 2014).

O desenvolvimento da eletricidade foi baseado na concepção de conversores hidráulicos competitivos, notadamente a turbina hidráulica acoplada a motores elétricos, viabilizando a construção das primeiras usinas hidrelétricas. A turbina hidráulica e os motores elétricos, além de não consumirem combustíveis fósseis e possuírem manutenção mais barata, tiveram uma importante influência na superação dos meios mecânicos de transmissão de energia pela eletricidade, uma fonte de energia mais facilmente transportável a longas distâncias, regulável e divisível. A dificuldade de transporte dos meios mecânicos, de uso restrito a poucos metros, abriu para a energia elétrica um enorme campo de atuação, pois se tratava de uma forma de energia barata e abundante nos requisitos da época, que podia ser levada a localidades relativamente distantes. As inovações que se seguiram, notadamente os motores elétricos de aplicação industrial, tornaram possível a retransformação da eletricidade em energia mecânica novamente, descentralizando a cadeia produtiva. Diante disso, as indústrias passaram a contar com outra fonte de energia mecânica, que era produzida em outro lugar e levada até o ponto de interesse, em substituição as vultosas instalações necessárias às indústrias movimentadas pela máquina a vapor (CALABI *et al.*, 1983).

Pereira (2011) disserta que aquele período foi acompanhado de uma Revolução Científico-Técnica, baseado nas relações que a ciência e o progresso técnico desempenharam no contexto energético. Ela ganhou notoriedade a partir das duas últimas décadas do século XIX, em decorrência do progresso industrial de quatro áreas: eletricidade, aço, petróleo e motor a explosão. Para o autor, a ciência adquire um caráter consciente e planejado, que continua no progresso técnico, tornando ambos menos fortuitos e mais funcionais ao capital, possibilitando, assim, o reabastecimento do acervo tecnológico exaurido pela Primeira Revolução Industrial.

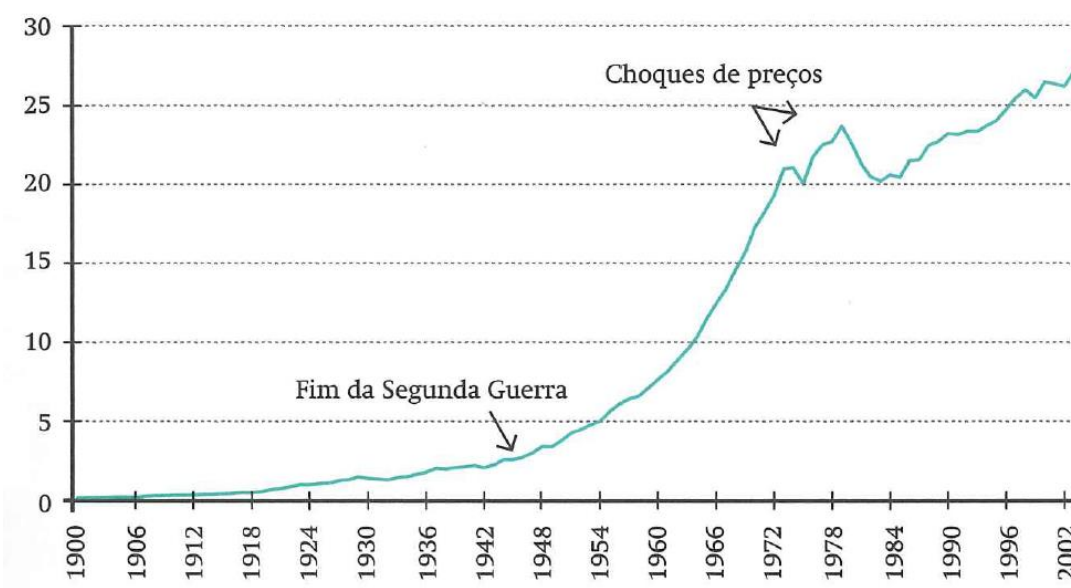
A Revolução Científico-Técnica propiciou a evolução dos conversores de energia, inicialmente constituídos por dispositivos de combustão do carvão para produção de vapor, para outros conversores mais eficientes, com o surgimento e a generalização do uso de motores elétricos, fundados na energia hidráulica, e o desenvolvimento e difusão, principalmente depois da Primeira Guerra Mundial, dos motores a explosão que utilizam combustíveis derivados do petróleo, sendo esta a segunda marca da Revolução Industrial (PEREIRA, 2011).

Em pouco mais de um quarto de século, as inovações propiciadas pela ciência e tecnologia, na Segunda Revolução Industrial, definiram um fantástico crescimento do uso da energia no mundo, liderada principalmente pela utilização do petróleo. Estima-se, por exemplo, que o consumo energético da humanidade nas duas primeiras décadas do século XX seja superior a todo o consumo ocorrido até aquele período (LEITE, 2014). Além disso, o autor destaca que esse comportamento se repete ao longo daquele século, considerando cada intervalo subsequente de 20 anos.

O crescimento do petróleo e seus derivados como principal fonte de energia se deu, em parte, em função da sua abundância, facilidade de manuseio e transporte. O incremento da produção mundial, em patamares de suprimento satisfatório, aliado a uma apreciável estabilidade de preços até a década de 1970, foi determinante para a supremacia desse combustível na matriz energética mundial. Não obstante, Leite (2014) destaca que esses fatores explicam, em grande medida, a condescendência como foram tratados os desperdícios pelos usuários, assim como a falta de estímulo e quietude, em termos de inovação tecnológica, na busca por mais eficiência e introdução de novas fontes de energia.

A Figura 1 apresenta a evolução da produção mundial de petróleo ao longo do século XX. Nela é possível constatar o rápido crescimento que ocorreu a partir da década de 1940 e que se estende até a ocorrência das crises de elevação dos preços em 1974 e 1979. Observa-se que a oferta de petróleo se multiplicou por dez vezes do fim da Segunda Guerra, em 1945, até o segundo choque de preços, em 1979.

**Figura 1 - Produção de petróleo no século XX, em bilhões de barris/ano**



Fonte: Leite, 2014, p.39

Os dois choques do petróleo, ocorridos em 1974 e 1979, alteraram completamente o panorama energético mundial, tais fatos foram conduzidos pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo – OPEP, formada pelas nações detentoras de enormes reservas, justificando que os preços do petróleo estavam baixos quando comparados com as demais fontes de energia. Esses acontecimentos derrubaram a confiança no suprimento e na estabilidade de preços vigentes até então, promovendo ajustes na produção e no consumo, bem como induziu o desenvolvimento e substituição do petróleo por energéticos alternativos, buscando melhorar a segurança do abastecimento de energia dos países.

Naquela época já eram conhecidas algumas alternativas energéticas, como por exemplo o gás natural. Estima-se que o gás natural começou a ser utilizado pelo homem cerca de mil anos antes de Cristo, com os primeiros registros na China, onde esse combustível era distribuído através de um sistema de bambus e usado principalmente na iluminação (GASMIG, 2004). No entanto, o emprego econômico e comercial do gás natural se concretizou na segunda metade do século XX. Segundo Leite (2014), em face da concorrência da eletricidade, do declínio da indústria do carvão e da crescente produção de petróleo e derivados, o “gás manufaturado” cederia lugar ao gás natural como combustível gasoso dos países industrializados. A existência de redes de distribuição e hábitos no consumo de gás manufaturado facilitou a substituição pelo gás natural nesses países.

Pinto Junior *et al.* (2016) destacam que o início da utilização do gás natural foi muito conturbado, tendo em vista as dificuldades técnicas para extração, transporte e distribuição deste combustível. Naquele período o uso do gás natural só era possível se as reservas estivessem próximas aos locais de consumo. As descobertas de algumas jazidas atraíam as indústrias que buscavam energia a preços mais baixos, no entanto, devido ao grande desperdício, provocado por falta de tecnologia eficiente, as reservas eram rapidamente consumidas, deixando as empresas sem o insumo. Somente a partir de 1920, com o desenvolvimento de tubos que suportavam o transporte de gás natural a pressões elevadas, foi possível vencer as barreiras de transporte do insumo.

A indústria do gás natural sempre manteve forte dependência com a produção e exploração de petróleo, já que a construção de infraestrutura de transporte e distribuição desse combustível esbarrava na viabilidade de preços oferecida pela cadeia petrolífera. Conforme Pinto Junior *et al.* (2016, p.250) “a relação entre os mercados de óleo e gás foi por muito tempo uma relação em que a dinâmica do primeiro determinou a do segundo”. Enquanto

houve a oferta de petróleo barato no mercado, a indústria do gás natural só conseguiu se desenvolver em países onde os preços eram baixos e próximos aos mercados consumidores.

Segundo Santos *et al.* (2002), o gás natural foi considerado o “primo pobre” do petróleo durante um tempo. A prospecção de fontes de energia era voltada para o petróleo, onde a descoberta de gás natural significava insucesso. As dificuldades e os elevados custos de transporte, armazenamento e distribuição afastavam os investidores (SANTOS *et al.*, 2002).

O papel tradicional do gás natural no contexto energético começou a se alterar a partir dos dois choques do petróleo ocorridos na década de 1970. Os países importadores, que tinham forte dependência do petróleo, passaram a buscar alternativas energéticas para reduzir a alta participação do petróleo em suas matrizes energéticas, reduzindo o ônus ocasionado pela forte elevação de preços. Esse novo rumo permitiu o crescimento das pesquisas e a descoberta de grandes reservas de gás natural no planeta, viabilizando o investimento em grandes projetos de infraestrutura de gasodutos, bem como o desenvolvimento tecnológico de plantas de liquefação do gás natural para transporte por meio de navios (PINTO JUNIOR *et al.*, 2016).

Conforme demonstrado na Tabela 1, os combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) representavam 86,5% do suprimento de energia primária do mundo em 1973. Após trinta anos, a redução pode ser considerada insignificante, passando para 80% em 2003. Em seguida, essa participação voltou a crescer, alcançando 81,3% em 2013. Destaca-se que o petróleo permaneceu como a principal fonte de energia, no entanto, perdeu participação para o gás natural, que praticamente triplicou o volume de energia primária fornecida, elevando sua contribuição de 16,7% em 1973 para 21,4% em 2013, e mais recentemente para o carvão, em função do crescimento do uso dessa fonte pela China. Com exceção da energia nuclear, pode se considerar que os demais insumos mantiveram sua participação na matriz energética praticamente estável.

Calabi *et al.* (1983) dissertam que a opção energética intrínseca ao desenvolvimento industrial dos séculos XIX e XX foi uma escolha por determinados conversores energéticos em função das fontes alimentadoras, da orientação tecnológica e do mercado econômico da energia. Essa escolha privilegiou os combustíveis fósseis, constituídos ao longo de milhões de anos na estrutura terrestre, em detrimento das fontes renováveis disponíveis, como a solar, eólica e hidráulica, cabendo certa exceção apenas as

usinas hidrelétricas. Destarte, é na Segunda Revolução Industrial que se determina o padrão da oferta de energia ainda hoje vigente.

**Tabela 1 - Matriz energética mundial por fonte primária e participação relativa**

Origem	Volume (10 <sup>6</sup> de tep)			Participação (%)		
	1973	2003	2013	1973	2003	2013
Petróleo	2.715	3.519	4.216	45,0	34,4	31,1
Carvão	1.496	2.496	3.896	24,8	24,4	28,8
Gás	1.008	2.169	2.905	16,7	21,2	21,4
Nuclear	54	665	647	0,9	6,5	4,8
Hidráulica	109	225	327	1,8	2,2	2,4
Biomassa*	676	1.105	1.391	11,2	10,8	10,3
Outras**	6	51	168	0,1	0,5	1,2
<b>Total</b>	<b>6.034</b>	<b>10.230</b>	<b>13.549</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

\*Combustíveis renováveis e resíduos.

\*\*Geotermal, solar e eólica.

Fonte: Adaptado de Leite, 2014; IEA, 2017.

### 2.3 Política Energética e a atuação do Estado

O desenvolvimento das fontes de energia, aliado ao surgimento de novas tecnologias, permitiu mudanças significativas na vida humana, proporcionando tanto o aumento da produtividade econômica quanto do bem-estar da população. Contudo, não se pode afirmar que há uma correlação direta e universal entre o uso de energia e o nível de atividade econômica. Por isso, Goldemberg e Moreira (2005) sugerem que o suprimento de energia é uma das condições necessárias para o crescimento, mas que não é capaz de sustentá-lo isoladamente. Assim, para esses autores, o correto a se afirmar é que há necessidade de implantação de políticas energéticas que estimulem e sustentem o crescimento da energia, bem como seu uso eficiente.

Bajay (1989) complementa que o papel que a energia desempenha na sociedade pode ser compreendido a partir de uma noção de sistema energético. Esse sistema tem a finalidade de “prover a energia útil que toda atividade humana requer” (BAJAY, 1989, p.1). Tendo em vista a sua abrangência, um sistema energético compreende diversos atores

sociais, entre eles: usuários das diversas formas energéticas; organizações produtoras e distribuidoras de energia; empresas consumidoras de energia; pesquisadores e fabricantes de tecnologia para uso das fontes de energia; e também o Estado, que possui grande influência por sua capacidade de decidir diversas variáveis críticas do sistema por meio de políticas energéticas.

Em suma, Pinto Junior *et al.* (2016, p.343) dissertam sobre o objetivo e a conceituação de uma política energética:

O objetivo essencial de qualquer política energética é garantir o suprimento de energia necessário ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social e ambiental de uma sociedade. Nesse sentido, a política energética busca responder a questões conjunturais, mas, acima de tudo, estruturar o futuro de um país ou de uma região. Isso posto, a política energética é, de forma incontornável, uma política pública e o seu sujeito principal é o Estado. Dito de outra forma, a política energética é uma política de Estado, portanto a sua concepção e implementação se darão fundamentalmente no âmbito do Estado.

A quantidade de variáveis envolvidas num sistema energético requer a construção de políticas energéticas complexas. Tal fato faz crescer a importância dessas políticas para a sociedade, visto que os investimentos nesse setor também dependem do setor privado. Assim, o governo assume o papel de gerenciar a expansão da cadeia energética, cabendo-lhe a tarefa de definir políticas de interesse da sociedade, às vezes ignoradas pelo setor privado (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005).

Posto isso, considera-se que uma política energética é algo estratégico para o Estado, abarcando um conjunto de fontes e cadeias energéticas, bem como um arcabouço institucional e instrumental para sua promoção. Desse modo, Pinto Junior *et al.* (2016) indica que uma política energética é estruturada da seguinte forma:

- Objetivo: garantir o suprimento de energia, necessário ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social, tanto no presente, quanto no futuro;
- Natureza: estratégica e pública, reunindo um conjunto de ações e decisões inter-relacionadas no tempo, visando atender ao interesse público.
- Sujeito: o Estado, considerando suas diversas áreas de poder e representação, bem como suas diferentes esferas de atuação federal e regional.
- Objeto: energia, representada por um conjunto de fontes e de cadeias energéticas.

- Âmbito: geral, agregando um conjunto de políticas-econômica, de desenvolvimento tecnológico, tributário, industrial, ambiental, etc.

De maneira geral, considera-se que as finalidades de uma política energética são baseadas em dois fatores interdependentes: i) garantir a segurança de abastecimento, com a valorização de recursos energéticos nacionais, sempre que possível, e a universalização do acesso à energia; e ii) promover o uso racional das fontes de energia e incentivar a eficiência energética, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias de produção e uso de energia, considerando a crescente preocupação com as questões inerentes à sustentabilidade ambiental (BAJAY, 1989; PINTO JUNIOR *et al.*, 2016).

Para Goldemberg e Moreira (2005) o Brasil precisa aumentar a oferta interna de energia na busca pelo progresso econômico, com conseqüente impacto positivo na qualidade de vida da população. Não obstante, o desenvolvimento energético deverá ser diversificado, uma vez que, por razões de segurança do abastecimento, é mais interessante depender de vários energéticos primários, do que de apenas um ou dois.

Segundo Leite (2014), no Brasil, dois setores energéticos são preponderantes: a eletricidade, proveniente da abundância de recursos hídricos do país, e o petróleo, em vista das políticas de substituição das importações do passado e do desenvolvimento tecnológico da exploração desse combustível. Outros três são tratados como acessórios, sendo eles: álcool, biomassa e gás natural. Resguardados os aspectos decisórios sobre as vantagens em se produzir energia ou importá-la, Goldemberg e Moreira (2005) destacam que o gás natural, ao contrário do petróleo, possui maior segurança de abastecimento em virtude do modelo de comercialização internacionalmente adotado. Como o transporte desse insumo exige elevados investimentos em infraestrutura, acaba criando compromissos firmes entre o supridor e o consumidor. Outro aspecto que melhora a confiabilidade, no caso dos gasodutos de transporte, é o fato do comércio ocorrer entre nações geograficamente próximas, limitando o mercado comprador e permitindo amplo conhecimento da situação política de um país pelo outro. O autor exemplifica esse argumento descrevendo a situação comercial entre Brasil e Bolívia para fornecimento de gás natural: as opções econômicas da Bolívia permitem a renúncia da comercialização do gás para o Brasil? Quais os impactos da redução da exportação de gás no desenvolvimento do país, e sua repercussão nas tensões sociais? Deste modo, os autores concluem que

[...] a dependência de fontes energéticas externas, principalmente quando sua qualidade é de grande interesse para o consumidor, como é o caso do gás natural, e principalmente quando se originam de países vizinhos, não

representa um grande risco e tem vantagens econômicas ao país. Já uma grande dependência do petróleo envolve risco maior que deve ser minimizado (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005, p.226).

Para países desenvolvidos e em desenvolvimento, a opção pelo gás natural tem representado uma forma simples e factível de reduzir a dependência do petróleo, ao mesmo tempo em que propicia um novo horizonte de diversificação da matriz energética. Essa alternativa é possível em função das restrições econômicas impostas pela concorrência global na qual os países se inserem. Nesse contexto, a disponibilidade de gás natural argentino, boliviano, brasileiro e peruano pode contribuir para reduzir as pressões de consumo de petróleo da economia brasileira, visto que ainda não há meios de escoamento desse insumo para mercados alternativos (SANTOS *et al.*, 2002).

Com relação a sustentabilidade ambiental, Monteiro e Silva (2010) dissertam que essa questão passou a integrar definitivamente as políticas públicas mundiais. A melhoria da qualidade de vida das pessoas foi baseada em um processo de industrialização que consome grande quantidade de matéria-prima e energia disponível na natureza. Tais fontes de energia são, principalmente, não renováveis e provocam elevado impacto ambiental, pois sua queima devolve para a natureza resíduos e desperdícios que não podem ser absorvidos em um curto intervalo de tempo. Nesse sentido, as nações têm se comprometido a procurar soluções para os desafios ambientais, principalmente no que se refere ao “efeito estufa”, acusado que provocar o aquecimento do planeta e danos irreversíveis ao ecossistema. Por essa razão, o autor afirma que a expansão da indústria deve ser direcionada para a utilização de fontes de menor impacto ambiental. Nesse caso, apresenta-se como uma alternativa, atual e plausível, o uso do gás natural. Esse combustível é considerado uma fonte menos poluente, já que em sua composição há uma quantidade menor de carbono, além de ser praticamente isento de contaminantes, reduzindo as emissões que provocam o “efeito estufa” e contribuindo na minimização da poluição atmosférica.

Por fim, a definição do perfil industrial tem grande impacto na quantidade e no tipo de energia final que um país precisa produzir. Historicamente, o Brasil é um grande fabricante de produtos intensivos no uso de energia (papel e celulose, ferro e aço, alumínio etc.). Por outro lado, diversos países inseridos na economia global têm evoluído para um modelo de entidades de menor porte (serviços e distribuição), com menos necessidades energéticas. Essa mudança de perfil para produtos menos intensivos pode alterar, no longo prazo, a demanda de energia, favorecendo o desenvolvimento da eletricidade, mas também do gás natural, em função da permeabilidade da cadeia energética dessas fontes (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005; SANTOS *et al.*, 2002).

Segundo Santos *et al.* (2002), o papel de maior importância do gás natural no Brasil é o de substituir a energia elétrica no processo de eletrotermia industrial. Essa tecnologia foi incentivada no passado em função das restrições na oferta de petróleo e a abundância de geração hidrelétrica. Contudo, atualmente, a eletrotermia representa um ônus para o sistema elétrico, enquanto o gás natural substitui com vantagens a maior parte do uso industrial de energia elétrica para eletrotermia.

### 3 GÁS NATURAL

#### 3.1 Origem e definição

O gás natural é um combustível fóssil formado há milhões de anos no subsolo terrestre, sendo constituído basicamente por uma mistura de hidrocarbonetos leves. Seu surgimento adveio da decomposição anaeróbica de matéria orgânica que se acumulou no solo, em grandes profundidades, com altas temperaturas e sob forte pressão (MONTEIRO; SILVA, 2010).

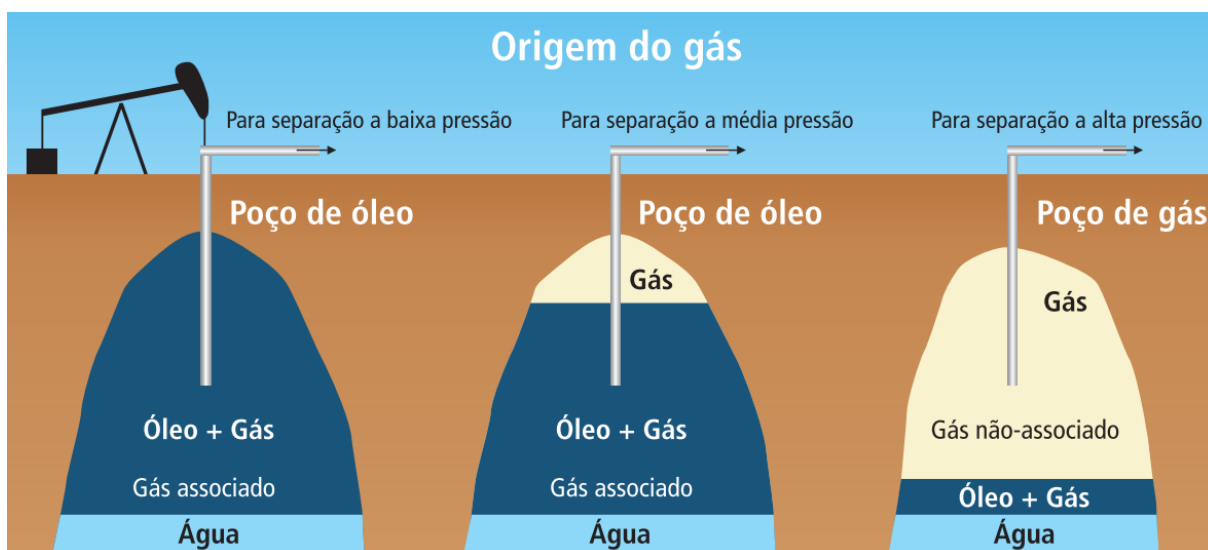
No Brasil, a definição formal do gás natural é feita pela Lei 9.478/97, também chamada de Lei do Petróleo, em seu Capítulo III, Seção II, Artigo 6º, item II:

Gás natural é todo hidrocarboneto que permaneça em estado gasoso nas condições atmosféricas normais, extraído diretamente a partir de reservatórios petrolíferos ou gaseíferos, incluindo gases úmidos, secos, residuais e gases raros. (BRASIL, 1997)

Santos *et al.* (2002) revelam que o gás natural é encontrado na natureza em acumulações de rochas porosas no subsolo, terrestre ou marinho, e, geralmente, está acompanhado de petróleo. Esse autor tipifica o gás natural em duas categorias: *associado* e *não associado*. O *gás associado* é aquele que está presente junto ao petróleo no reservatório, ou seja, está dissolvido no óleo ou sob uma forma de capa de gás. Nessa situação, normalmente, a exploração do gás está condicionada a produção de petróleo, onde o gás é reintroduzido no poço para ampliar a produção de óleo. Somente após essa etapa é que se dará a exploração de gás para fins comerciais. Em contrapartida, o *gás não associado* é aquele que está em grande quantidade em um reservatório, estando livre ou com pouca presença de petróleo e água, ocorrendo a produção basicamente de gás natural.

Para Vieira *et al.* (2005), quando um reservatório é caracterizado como de *gás associado*, sua exploração prioriza a extração de petróleo, enquanto que o gás se torna um coproduto desse processo. Por outro lado, um poço de *gás não associado* terá a prioridade de exploração voltada para o gás, passando o petróleo a ser um coproduto. Para esse autor, ainda é possível classificar o gás natural em *gás úmido*, aquele que contém frações líquidas de hidrocarbonetos comercialmente recuperáveis, ou como *gás seco*, aquele que possui a fração líquida retida depois de processado na Unidade de Processamento de Gás Natural (UPGN). A Figura 2 apresenta esquematicamente a origem e extração do gás natural.

**Figura 2 - Origem e extração do gás natural**



Fonte: VIEIRA *et al.*, 2005, p. 21.

A composição do gás natural pode variar de um poço para outro, tendo em vista a matéria orgânica que lhe deu origem, os processos naturais por qual passou e pelo fato de estar ou não associado ao petróleo. Em todo caso, o metano é a molécula predominante em sua composição, seguido por uma parcela de etano, e outros gases em menores proporções (propano, butano, pentanos, hexanos). Em seu estado bruto, o gás natural apresenta baixos níveis de contaminantes, como o dióxido de carbono, nitrogênio e outros gases raros (SANTOS *et al.*, 2002). A Tabela 2 apresenta as composições físico-químicas médias de algumas reservas produtoras de gás natural no mundo.

A especificação do gás natural processado no Brasil, seja de origem nacional ou importada, a ser comercializado em todo o território nacional, é regulamentada pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), por meio da Resolução nº 16, de 17 de junho de 2008. Os valores limites determinados pela ANP são exibidos na Tabela 3.

A especificação do gás natural tem a finalidade de limitar as quantidades mínimas e máximas de alguns componentes e garantir a "qualidade" do combustível. Conforme Santos *et al.* (2002), os gases CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S e Enxofre devem ter quantidades restritas na composição do gás natural, pois possuem ação corrosiva na presença de água, além de causarem impactos negativos no meio ambiente. Já as substâncias inertes podem falsear o teor de metano na porcentagem volumétrica, provocando distorções na quantidade de metano requerida. Para evitar problemas operacionais de congelamento ou entupimento das redes e instalações, a presença de água deve ser limitada e estabelecida pelo ponto de orvalho.

**Tabela 2 - Características de alguns tipos de gás natural no mundo**

Campo	Gás associado	Gás não associado				
	Aga Jarí Irã	Leman Bank Mar do Norte	Gröningen Holanda	Monroe Louisiana*	Amarillio Texas*	Ashland Kentucky*
<b>Composição em volume %</b>						
Metano	66,0	94,7	81,2	94,7	72,9	75,0
Etano	14,0	3,0	2,9	2,8	19,0	24,0
Propano	10,5	0,5	0,4	-	-	-
Butano	5,0	0,2	0,1	-	-	-
C5 e maiores	2,0	0,2	0,1	-	-	-
H <sub>2</sub> S	-	-	-	-	-	-
CO <sub>2</sub>	1,5	0,1	0,9	0,2	0,4	-
N <sub>2</sub>	1,0	1,3	14,4	2,3	7,7	1,0
He	-	<0,1	<0,1	-	-	-
Ar	-	-	-	-	-	-
Densidade (ar = 1)	0,87	0,59	0,64	0,68	0,68	0,67
Poder Cal. (kcal/Nm <sup>3</sup> )	13.136	9.710	7.693	9.251	9.869	10.870

\*Gases que já passaram por tratamento em UPGN.

Fonte: Pinto Junior *et al.*, 2016, p. 238.

**Tabela 3 - Especificação do gás natural no Brasil**

Característica	Unidade	Limite		
		Norte	Nordeste	Centro-Oeste, Sudeste e Sul
Poder calorífico superior	kJ/ m <sup>3</sup> kWh/m <sup>3</sup>	34.000 a 38.400 9,47 a 10,67	35.000 a 43.000 9,72 a 11,94	
Índice de Wobbe	kJ/m <sup>3</sup>	40.500 a 45.000		46.500 a 53.500
Número de metano, mín.		anotar		65
Metano, min.	% mol.	68,0		85,0
Etano, máx.	% mol.	12,0		12,0
Propano, máx.	% mol.	3,0		6,0
Butanos e mais pesados, máx.	% mol.	1,5		3,0
Oxigênio, máx.	% mol.	0,8		0,5
Inertes (N <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> ), máx.	% mol.	18,0	8,0	6,0
CO <sub>2</sub> , máx.	% mol.	3,0		
Enxofre Total, máx.	mg/m <sup>3</sup>	70		
Gás Sulfídrico (H <sub>2</sub> S), máx.	mg/m <sup>3</sup>	10	13	10
Ponto de orvalho de água a 1 atm, máx.	°C	-39	-39	-45
Ponto de orvalho de hidrocarbonetos a 4,5 MPa, máx.	°C	15	15	0
Mercúrio, máx.	µg/m <sup>3</sup>	Anotar		

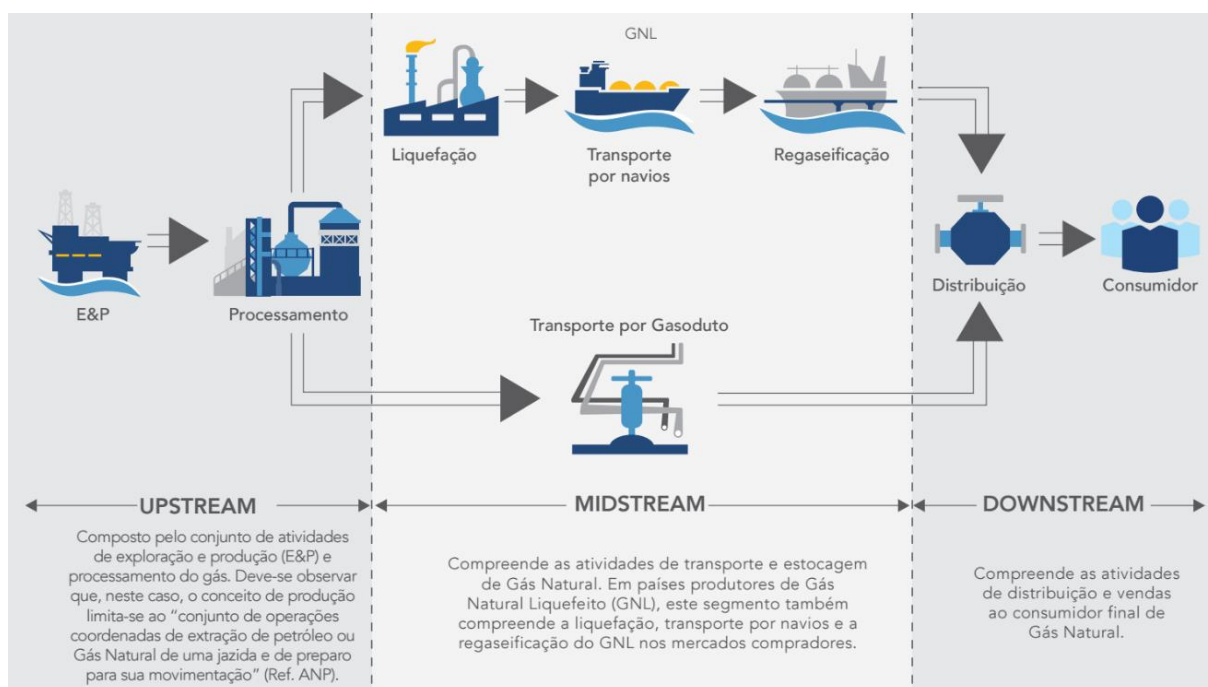
Fonte: ANP, 2008.

### 3.2 Cadeia do gás natural

A cadeia do gás natural representa as atividades para o suprimento dessa fonte de energia. Segundo Monteiro e Silva (2010) essa cadeia pode ser dividida nas seguintes etapas: exploração, processamento, transporte e distribuição.

Para Holanda (2014), a cadeia do gás natural segue uma estrutura semelhante à cadeia do petróleo, e pode ser dividida em três segmentos: *upstream*, *midstream* e *downstream*, conforme demonstrado na Figura 3.

**Figura 3 - Cadeia de valor do gás natural**



Fonte: HOLLANDA, 2014, p.15

Pinto Junior *et al.* (2016) revelam que essa indústria é caracterizada por um sistema tecnológico complexo, no qual o gás natural percorre um longo percurso das jazidas até o consumidor final. Contudo, o autor revela que uma grande vantagem da cadeia do gás natural é a ausência da etapa de refino, como ocorre na indústria petrolífera, uma vez que o gás retirado do poço é enviado diretamente para a distribuição após o processamento, conforme será exposto a seguir.

### 3.2.1 Exploração e Processamento (*Upstream*)

A exploração é a etapa inicial dentro da cadeia do gás natural, sendo que numa primeira fase é realizada a pesquisa sísmica para verificar a existência de bacias sedimentares de rochas reservatórias, que são estruturas propícias à presença de gás natural ou petróleo. Num segundo momento são realizadas as perfurações de poços para comprovar a existência do combustível fóssil, delimitar o tamanho das reservas e quantificar a viabilidade comercial de extração (MONTEIRO; SILVA, 2010). É nessa etapa que o poço é classificado como de *gás associado* ou de *gás não associado*, conforme visto anteriormente.

A fase de exploração representa altos riscos para o negócio, considerando principalmente as incertezas da descoberta de uma reserva em áreas com pouco conhecimento geológico, elevando os investimentos e os custos operacionais. O gerenciamento desse risco exploratório constitui o principal desafio do segmento *upstream*. (HOLLANDA, 2014).

Santos *et al.* (2002) acrescentam que a exploração pode ser realizada tanto em campos localizados em terra (*onshore*), quanto no mar (*offshore*). No processo de extração, o gás natural passa, inicialmente, por vasos separadores que retiram água e outros hidrocarbonetos em estado líquido. Em seguida, caso haja presença de enxofre, o gás é encaminhado para a “unidade de dessulfurização”, onde passará pela descontaminação. Posteriormente, uma parte do gás é utilizado no processo produtivo das plataformas, gerando energia para a unidade e/ou sendo reinjetado no reservatório para aumentar a recuperação de petróleo do poço. O restante do gás natural é enviado para a fase de processamento.

O processamento do gás natural é realizado em Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN). Nessas instalações industriais, o gás denominado *úmido* será desidratado e fracionado para se obter as composições desejadas. A separação da parte pesada dos hidrocarbonetos (propano e mais pesados) dá origem ao líquido de gás natural (LGN), que é composto pelo gás liquefeito de petróleo (GLP) e pela gasolina natural. Já os hidrocarbonetos leves (metano e etano) dão origem ao gás natural seco, que será encaminhado para as etapas subsequentes de transporte e distribuição (MONTEIRO; SILVA, 2010).

É na etapa de processamento que a composição do gás natural será ajustada, adquirindo a especificação exigida pela legislação vigente e permitindo a comercialização do insumo para os usuários finais, conforme descrevem Santos *et al.* (2002).

As atividades de exploração e processamento do gás natural demandam grandes investimentos, sendo consideradas estratégicas pelas nações. Segundo Pinto Junior *et al.* (2016), em todo o mundo existe a regulação dessas atividades pelos governos. Alguns países adotam o modelo de concessão de licenças para que empresas privadas explorem esses recursos naturais, mediante o pagamento de taxas ou “*royalties*”, enquanto outras nações monopolizam tais atividades, caso da Arábia Saudita e do México.

### 3.2.2 Transporte (*Midstream*)

O gás natural pode ser transportado em estado gasoso ou líquido. Na primeira situação, o combustível é transportado por meio de dutos, também chamados de gasodutos, que operam em pressões elevadas e com grandes volumes, ou por meio de cilindros que suportam altas pressões, na forma comprimida, sendo conhecido como Gás Natural Comprimido (GNC). Já no estado líquido, o gás natural é transportado por navios, barcas ou caminhões criogênicos após um processo de liquefação. Nesse caso, o insumo é resfriado até a conversão física do estado gasoso para líquido, a uma temperatura em torno  $-160^{\circ}\text{C}$ , reduzindo o volume em cerca de 600 vezes para facilitar o transporte e armazenamento. Esse produto é denominado Gás Natural Liquefeito (GNL). Para ser utilizado, o GNL é “regaseificado” em terminais apropriados e que estão interligados a uma malha de gasodutos existente (SANTOS *et al.*, 2002).

A opção de transporte do gás entre a jazida e o mercado consumidor é uma questão estratégica para a indústria do gás natural. Segundo Hollanda (2014), historicamente, as significativas dificuldades no transporte do gás acabavam direcionando grande parte da produção de gás para a queima, quando se tratava de gás associado, ou de abandono do campo, quando se fazia uma descoberta de gás não-associado. Hoje, no entanto, o desenvolvimento tecnológico das formas de transporte, seja via gasoduto ou por GNL, visam atender a diversos cenários de oferta e demanda.

Um das especificidades da indústria do gás natural é a importância que o transporte tem na formação de preços. O grande volume gera a necessidade de fartas infraestruturas de transporte, resultando em uma parcela considerável que o consumidor terá que pagar para ter acesso ao combustível. Nesse sentido, Pinto Junior *et al.* (2016) destacam que as opções tecnológicas de transporte irão gerar distintas possibilidades de integração espacial e formação de mercados, já que cada opção tem seu nicho em função dos volumes a serem transportados e as distâncias a serem percorridas.

Não obstante, Hollanda (2014) ressalta que, no caso dos gasodutos de transporte, uma vez efetuada a instalação de uma rede, os dutos permitem ao seu operador uma forte economia de escala, pois permitem escoar grandes volumes de gás a um custo operacional relativamente baixo, ao mesmo tempo em que a necessidade de investimentos em novas instalações vai se tornando cada vez menor com a expansão da rede.

### 3.2.3 Distribuição (*Downstream*)

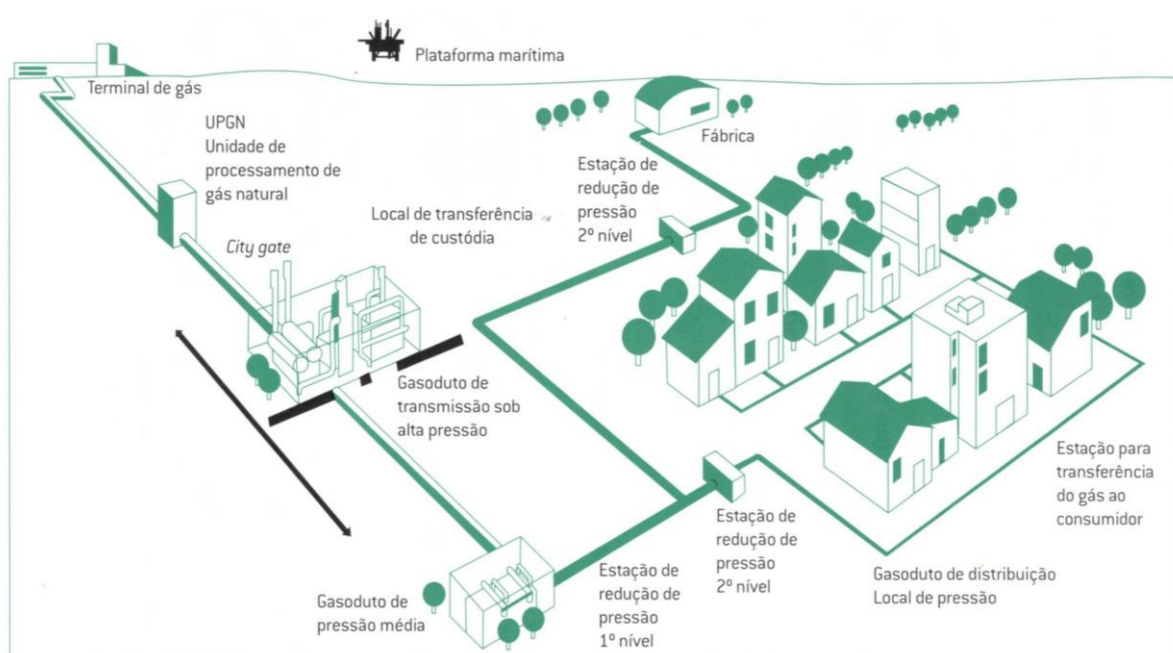
A distribuição é a última etapa da cadeia, quando o gás natural chega efetivamente aos usuários finais. Em geral, a distribuição ocorre em redes de diâmetros menores, construídas normalmente aço ou polietileno, que operam em médias ou baixas pressões e que transportam vazões menores do combustível. Também é na fase de distribuição que ocorre a “odorização” do gás natural, já que esse é incolor e inodoro, aumento a segurança do fornecimento em situações de vazamentos na rede (SANTOS *et al.*, 2002).

Para Monteiro e Silva (2010) um sistema de distribuição é composto de: estações de recebimento e transferência de custódia, também conhecidas como *city gates*, que possuem a função de regular a pressão e medir o volume de gás entregue as distribuidoras locais; redes de transporte destinadas a levar o gás natural recebido nos *city gates* até as Estações de Regulagem de Pressão (ERP), que trabalham com pressões médias e garantem uniformidade no sistema, funcionando como um reservatório para absorver oscilações de consumo ao longo do dia; Estações de Regulagem de Pressão (ERP) destinadas a diminuir a pressão do gás para as redes de distribuição de menor diâmetro; e, por fim, as redes de distribuição, geralmente urbanas, que estão interligadas aos consumidores, possuindo baixas pressões e vazões, assim como diâmetro inferior as redes de transporte. Para facilitar a compreensão, a Figura 4 apresenta esquematicamente uma cadeia típica da indústria do gás natural.

### 3.3 Vantagens do gás natural

Enumerar as vantagens do gás natural por ser um exercício complexo, pois há uma variedade de enfoques possíveis. Assim, tendo em vista os objetivos deste trabalho, dar-se-á enfoque ao uso do gás natural por suas características técnicas e estratégicas, visto que, “tais condições agregam eficiência e competitividade à indústria, características cada vez mais importantes no mundo globalizado, podendo ser decisivas, em alguns casos, na atração de plantas industriais de ponta” (ABREU; MARTINEZ, 2003, p.26).

**Figura 4 - Cadeia de abastecimento do gás natural do poço ao consumidor**



Fonte: Monteiro e Silva, 2005, p. 58.

A intensificação das emissões de gases provocada pela queima dos combustíveis fósseis, especialmente o gás carbônico ou dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), ampliaram as discussões sobre o “efeito estufa” e o aquecimento da atmosfera terrestre. Nesse contexto, o gás natural ganhou relevância mundial, principalmente em função das vantagens ambientais que esse combustível apresenta em relação aos demais. Segundo Santos *et al.* (2002), a substituição de outros combustíveis fósseis pelo gás natural provoca uma grande redução nas emissões de  $\text{CO}_2$ , na ordem de 20 a 23% quando comparado ao óleo combustível e em torno de 40 a 50% menor que o carvão mineral.

Em termos mais técnicos, Vieira *et al.* (2005) revelam que uma característica marcante do gás natural é o fato do metano ser o elemento predominante em sua composição. O metano é o hidrocarboneto que possui a maior quantidade de hidrogênio em relação ao carbono, sendo que tal fato favorece uma menor formação de  $\text{CO}_2$  na reação de combustão, quando comparado a outros combustíveis. Ainda segundo o autor, comparando-se a reatividade do metano com os radicais presentes na atmosfera, nota-se que esse composto, de estrutura molecular mais simples, apresenta, de um modo geral, taxas menores de reatividade que os hidrocarbonetos de massa molecular maior (alcanos). Isso significa um menor impacto na geração de compostos secundários no meio ambiente, como é o caso do ozônio.

Monteiro e Silva (2010) acrescentam que a queima de combustíveis fósseis também produz óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), gases sulfurosos (SO), monóxido de carbono (CO), fuligem e material particulado, sendo que estes elementos são prejudiciais à saúde de todo ser vivo por poluírem a atmosfera. Para o autor, a poluição atmosférica provocada por estes gases ocasiona: odores e redução da visibilidade; problemas respiratórios e de visão; efeitos tóxicos, mutagênicos e cancerígenos; sujeira, corrosão e redução da produtividade agrícola.

Assim, do ponto de vista ambiental, o gás natural é considerado, dentre os combustíveis fósseis, como uma contribuição imediata à redução das emissões de poluentes atmosféricos. Pois, conforme destacado por Santos *et al.* (2002), em caso de utilização adequada, a queima do gás reduz a emissão de óxido de enxofre (SO), fuligem e materiais particulados, bem como possibilita um bom controle das emissões de CO e NO<sub>x</sub>.

Segundo Monteiro e Silva (2010) o gás natural possui uma grande capacidade para reduzir emissões indesejadas. O autor revela que a cidade de Cubatão, segundo o Instituto de Energia de São Paulo, só conseguiu melhorar a qualidade do ar e reduzir a poluição atmosférica, tornando a cidade “habitável”, após 90% das indústrias instaladas na região substituírem os óleos pesados do petróleo pelo gás natural. Para exemplificar essa vantagem do gás natural, é apresentada na Tabela 4 um comparativo das emissões de poluentes de alguns combustíveis.

**Tabela 4 - Emissões padrão em atividades energéticas por tipo de combustível na indústria em kg/t**

Poluente	Gás Natural	Petróleo	Carvão
Particulados	0,34	3,00	16,25
SO <sub>2</sub>	1,00	4,00	3,80
NO <sub>x</sub>	3,60	7,50	7,50
HC	0,06	0,40	0,50
CO	0,32	0,55	1,00

Fonte: Santos *et al.*, 2002, p. 95.

Com relação a legislação ambiental, Monteiro e Silva (2010) dissertam que até meados da década de 1980 não havia, no Brasil, rigor regulatório que obrigasse a indústria a levar em conta o impacto ambiental do seu consumo energético, não incentivando o uso de

fontes de energia “mais limpas”, como é considerado o gás natural. Somente em 1986 foi publicada a Resolução 001/86, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Ibama), que traz uma definição de impacto ambiental e enumera as atividades passíveis de enquadramento como impactantes. Do mesmo modo, o autor cita o Protocolo de Kyoto, assinado em 1997, como um instrumento de comprometimento dos países signatários em reduzir as emissões de poluentes atmosféricos.

No que tange a segurança, Abreu e Martinez (2003) revelam que o gás natural possui singularidade em relação aos outros combustíveis. Uma das propriedades desse combustível é a baixa densidade em relação ao ar, facilitando a dispersão do combustível em caso de vazamentos e reduzindo, consideravelmente, os riscos de explosão em situações de emergência. O Gás Liquefeito de Petróleo, por exemplo, é constituído basicamente por butano e propano, gases mais pesados que o ar, que tendem a se acumular no ambiente em caso de vazamentos, podendo provocar graves acidentes. Assim, a combustão em ambientes fechados e poucos aerados requer cuidado especial, sendo o gás natural uma importante opção para uso doméstico, comercial e de indústrias urbanas, já que a manipulação dos combustíveis nem sempre é realizada por pessoas preparadas e treinadas para este fim.

Outra característica do gás natural que favorece a segurança são os seus limites de inflamabilidade. De acordo com Monteiro e Silva (2010), os limites de inflamabilidade são os valores do teor de combustível na mistura combustível-comburente que representam concentrações potenciais para explosão e propagação de chamas. Nesse caso, o gás natural possui uma estreita faixa de 5 a 15% em volume no ar (GASMIG, 2017). Ou seja, tal especificidade contribui para que o gás natural seja menos inflamável, apresentando menor risco de explosão nos processos de transporte e manipulação, sustentando a imagem de uma fonte energia confiável e segura (SANTOS *et al.*, 2002).

Mais um fator a favor da segurança é o fornecimento contínuo do gás natural, pois, como se trata de uma indústria de rede, a responsabilidade de manutenção do suprimento é do fornecedor, cabendo a este o gerenciamento da estocagem do combustível. Assim, o uso do gás natural pode liberar o espaço ocupado por estoques de outros combustíveis nas plantas industriais, o que pode ser muito importante em áreas muito adensadas e com restrição de espaço, além de reduzir o risco de acidentes decorrente do manuseio de combustíveis estocados (ABREU; MARTINEZ, 2003).

O gás natural proporciona ainda outras vantagens em relação às outras fontes de energia tradicionais. Para Santos *et al.* (2002), sua utilização possibilita: maior rendimento

térmico, pois sua operação se faz com pouco excesso de ar; baixa complexidade no controle e regulação da combustão, uma vez que é mais fácil dosar a quantidade de combustível e comburente; facilidade de operação, tendo seu uso comparado ao da energia elétrica, pois dispensa etapas intermediárias de transformação energética, garantindo eficiência e racionalidade no uso do gás.

Outra importante característica do gás natural é a possibilidade de utilização direta da energia térmica, já que os produtos de sua combustão são praticamente isentos contaminantes. Ou seja, para uma mesma quantidade de energia útil requerida pelo processo será necessário menos gás, se este for utilizado diretamente, reduzindo, por conseguinte, o custo com combustível e o impacto ambiental (SANTOS *et al.*, 2002). E assim, o autor completa:

Ao permitir que os gases de combustão entrem em contato direto com os produtos a serem produzidos, normalmente obtém-se significativas melhoras em termos de competitividade. As características físico-químicas do gás natural proporcionam um controle muito preciso de temperatura que, aliado à inexistência de impurezas, faz com que os produtos finais fabricados em indústrias que operam com gás natural tenham muito melhor qualidade, podendo ser vendido com preço superior, ou em mercados mais sofisticados, ou simplesmente adicionando mais valor para os consumidores finais (SANTOS *et al.*, 2002, p.96).

A pureza e a uniformidade da composição do gás natural, garantidas pela especificação do produto, faz com que as emissões sejam pouco agressivas, evitando a deposição de impurezas nas superfícies de troca térmica e a corrosão dos equipamentos e instalações. Assim, o uso do gás natural proporciona a redução dos gastos com manutenção, ao mesmo tempo que prolonga a vida útil dos equipamentos, conforme destacam Abreu e Martinez (2003).

Do ponto de vista financeiro, além de contribuições já destacadas, tem-se a medição e faturamento do gás natural após o seu consumo, semelhante ao que ocorre com a energia elétrica, permitindo uma melhora no fluxo de caixa, com conseqüente redução da necessidade de capital de giro dos usuários. Tal utilização permite dispensar a imobilização de capital com estoques de combustíveis pela indústria (ABREU; MARTINEZ, 2003).

Para Abreu e Martinez (2003), o preço do gás natural é competitivo no mundo inteiro quando comparado aos combustíveis tradicionais. Deste modo, seu uso possibilita a redução de custos industriais de implantação, manutenção e operação, fato que fundamenta a penetração deste combustível nos locais onde ele é disponibilizado.

Em outra vertente, Santos *et al.* (2002) manifestam que o consumidor deveria estar disposto a pagar um valor adicional pelo gás natural, considerando a eficiência e as vantagens apresentadas por esse combustível, tais como: (i) menores custos de investimentos no sistema de combustão; (ii) menores custos de manutenção e operação dos sistemas; (iii) maior flexibilidade e segurança de operação; (iv) os benefícios ambientais e de qualidade da combustão; e, por fim, (v) a disponibilidade do energético. No entanto, nos países em desenvolvimento, onde a cultura do gás ainda é incipiente, a redução de custos é o objetivo frequentemente perseguido no sentido de motivar o usuário a inserir e priorizar o uso do gás natural em sua matriz energética. Nesses casos, o que se espera é uma reação positiva do consumidor relacionada a diminuição do preço da fonte de energia a partir da introdução do gás natural. Assim, o autor complementa que, não havendo legislações ambientais mais rigorosas que impliquem às indústrias quantificar o impacto ambiental do seu energético, uma importante vantagem competitiva do gás natural se dispersa.

Portanto, onde os mercados energéticos ainda são pouco desenvolvidos, dificilmente a transformação da matriz energética industrial ocorrerá de forma natural, em resposta à evolução do mercado às vantagens mais amplas do gás natural, e assim Santos *et al.* (2002) argumenta que:

A incorporação do gás natural pelos setores industriais em países menos desenvolvidos como o Brasil deve ser justificada dentro de uma ótica mais ampla do conceito de competitividade. A utilização do gás deve induzir a compra de máquinas e a aquisição de novas tecnologias, permitindo um aumento de produtividade e da qualidade dos bens finais produzidos (SANTOS *et al.*, 2002, p. 111).

Por fim, é apresentado no Quadro 1 uma síntese das vantagens do gás natural, que contribuirá para o embasamento metodológico deste trabalho.

**Quadro 1 - Vantagens da utilização do gás natural**

Continua

<b>Ambientais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Combustão mais limpa</li> <li>▪ Baixa presença de contaminantes</li> <li>▪ Não emissão de particulados (cinzas)</li> <li>▪ Dispensa o tratamento dos gases de exaustão</li> </ul>
<b>Segurança</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rápida dispersão de vazamentos</li> <li>▪ Eliminação do armazenamento de combustíveis</li> <li>▪ Menores prêmios de seguro</li> </ul>

Continuação

<b>Econômicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Diversificação da matriz energética</li> <li>▪ Melhoria do rendimento energético</li> <li>▪ Maior competitividade das indústrias</li> <li>▪ Pagamento após o consumo</li> <li>▪ Menor custo de manuseio do combustível</li> <li>▪ Custo competitivo comparado a outras alternativas</li> </ul>
<b>Para o usuário</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fácil adaptação e menor custo das instalações</li> <li>▪ Menor corrosão dos equipamentos e menor custo de manutenção</li> <li>▪ Combustão facilmente regulável</li> <li>▪ Fornecimento contínuo e confiável</li> <li>▪ Facilidade operacional e ganhos de eficiência</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Abreu e Martinez, 2003, p.25.

### 3.4 Usos do gás natural

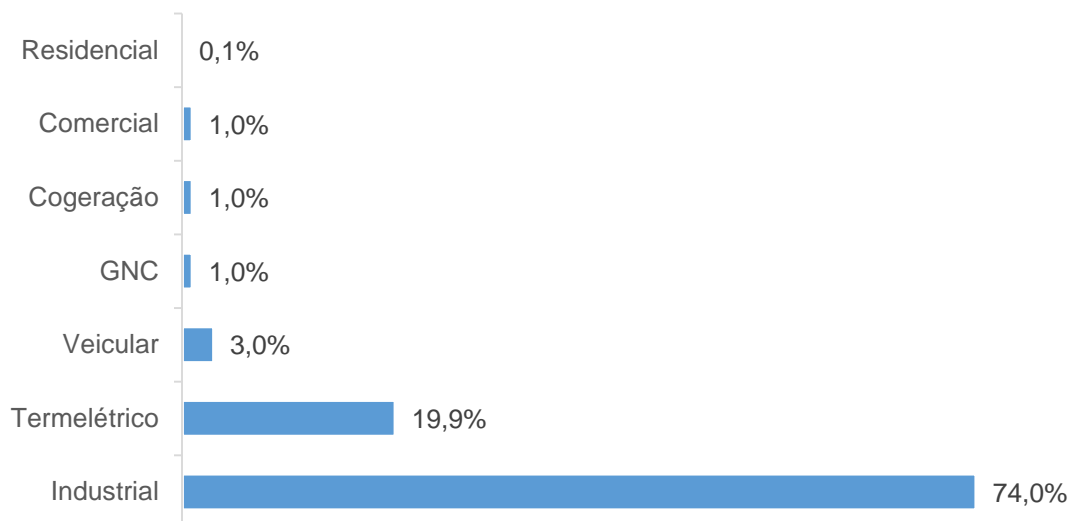
Uma das grandes vantagens do gás natural é a sua versatilidade quanto a possibilidade de usos. Conforme destacam Santos *et al.* (2002), o gás natural pode ser utilizado para a geração de eletricidade em termelétricas, em diversas aplicações residenciais, comerciais e industriais, assim como combustível de veículos de transporte. Nesse sentido, o gás natural é um competidor potencial de quase todos os outros energéticos. Contudo, pode se dizer que não há uma aplicação em o gás natural seja indispensável e que não haja concorrentes, na verdade, esse combustível enfrenta a concorrência de substitutos em todos os mercados onde atua.

No Brasil, segundo dados do Ministério de Minas e Energia – MME (2017), o consumo do gás natural, em média, no ano de 2016, foi distribuído da seguinte maneira: 51% para a indústria; 37% para a geração de energia elétrica; 6% para uso veicular; 3% no segmento de cogeração; 1% para as residências; 1% para os comércios; e 1% para outros usos. No caso particular de Minas Gerais, conforme informações apresentadas no Gráfico 1, o volume de gás natural destinado ao segmento industrial é ainda mais representativo. Assim, tendo em vista os objetivos deste trabalho, o enfoque, quanto aos usos do gás natural, será dado às aplicações no setor industrial.

O gás natural pode ser aplicado em vários ramos de atividades industriais, sendo utilizado principalmente na geração de vapor e no aquecimento de fornos dos segmentos de alimentos e bebidas, cerâmico, metalúrgico, papel e celulose, mineração,

siderurgia, vidro, entre outros (SANTOS *et al.*, 2002). A seguir, será exposto as principais utilizações do gás natural em alguns tipos de indústrias.

**Gráfico 1 - Volumes distribuídos de gás natural por segmento – Minas Gerais – 2016.**



Fonte: Gasmig, 2017.

#### 3.4.1 Indústria de alimentos e bebidas

O segmento de alimentos e bebidas é caracterizado pela alta demanda de energia térmica, que pode ser suprida pelo gás natural nos processos de secagem, refino, cocção, torrefação, panificação, pasteurização, destilação e lavagem. Segundo Monteiro e Silva (2010), na produção de alimentos há um ganho excepcional de qualidade e eficiência, pois a combustão do gás natural é limpa e não contamina as matérias-primas, podendo ter contato direto com os produtos fabricados. Já na fabricação de bebidas, o energético é indicado nos processos de fervura ou pasteurização da cerveja, destilação e lavagem de garrafas.

Essa indústria é qualificada pelo alto uso de vapor. Quando disponível, o gás natural substitui os derivados de petróleo e até parte da eletricidade utilizada no aquecimento das caldeiras (MONTEIRO; SILVA, 2010). Contudo, Santos *et al.* (2002) depõe que, no Brasil, o gás natural encontra dificuldade para substituir o bagaço de cana, a eletricidade e a lenha, em função dos preços praticados nesse mercado. Não obstante, a substituição desses energéticos pelo gás natural acrescentaria qualidade aos produtos finais.

### 3.4.2 Indústria automobilística

Na indústria automobilística, o gás natural é utilizado na geração de calor e em processos como o aquecimento de banhos e fluidos térmicos, fundição e secagem de pintura em estufas, fornos de tratamento térmico, caldeiras, entre outros. Segundo Gasmig (2017), essa fonte de energia melhora a qualidade no acabamento e secagem da pintura, pois sua queima direta permite uma maior homogeneidade da temperatura interna da estufa, além de propiciar o uso mais racional da energia.

Nesse setor, os principais equipamentos que usam o gás natural são: caldeiras geradoras de vapor, estufas de ar quente, aquecedores de fluido, fornos de fundição e incineradores. Acrescenta-se às vantagens técnicas, há facilidade em conquistar certificados de qualidade ambiental da planta industrial (MONTEIRO; SILVA, 2010).

### 3.4.3 Indústria cerâmica

O gás natural está presente em todas as fases do processo da indústria cerâmica, notadamente no ramo das cerâmicas brancas – pisos, azulejos e louças sanitárias. O insumo proporciona um aumento extraordinário da qualidade do produto final. Além disso, é um energético mais econômico, não necessita estocagem, reduz custos de manutenção e oferece mais segurança (MONTEIRO; SILVA, 2010).

Segundo Santos *et al.* (2002), esse segmento tem enfrentado grande concorrência de produtos externos. A escolha pelo gás natural pode proporcionar o incremento da competitividade e da qualidade dos seus produtos, refletindo na escolha dos consumidores. Para o autor, dentre as vantagens desse energético, destacam-se:

- a) possibilidade de secagem e cozimento a fogo direto, devido à ausência de impurezas no gás (enxofre, metais, etc.);
- b) versatilidade na concepção e instalação dos sistemas de combustão para os fornos e secadores;
- c) controle automatizado da temperatura (permite a automação dos sistemas de combustão);
- d) possibilidade de utilização de queimadores de alta velocidade de combustão, favorecendo as trocas por convecção e reduzindo o consumo de energia em até 40%.

### 3.4.4 Indústria metalúrgica

O emprego do gás natural na metalurgia ocorre em fornos de tratamento térmico, estufas de secagem e litográficas, equipamentos de corte de chapa, fornos de fusão e espera de metais não ferrosos e para a geração de atmosfera controlada – oxidante/reutora, entre outros (GASMIG, 2017). O uso do gás natural pode resultar em economias significativas de energia, conforme mostra a Tabela 5.

**Tabela 5 - Usos do gás natural na indústria metalúrgica**

<b>Aplicação</b>	<b>Forno de Forja de Metal Não Ferroso</b>
Combustível alternativo	Óleo Diesel
Consumo específico	1.193 kcal/kg de latão
Novo combustível	Gás Natural
Consumo específico	1.001 kcal/kg de latão
<b>Economia Potencial</b>	<b>16%</b>

Fonte: Santos *et al.*, 2002, p. 113.

Monteiro e Silva (2010) destacam que o gás natural está presente em toda a cadeia, desde a fundição até o alívio de tensões e tratamentos termoquímicos. Nesse segmento, os fornos são aquecidos a altas temperatura. Com o uso do gás natural, a vida útil dos fornos aumenta significativamente, já que a queima é livre contaminantes que poderiam prejudicar os refratários do forno. Já na etapa de acabamento, o gás natural é utilizado em fornos de recozimento e acabamento, dispensando a estocagem de outros combustíveis e eliminando despesas com fretes e custos associados a armazenagem. Ressalta-se ainda a melhoria da segurança em casos de vazamento.

### 3.4.5 Indústria de mineração

Na indústria do minério de ferro, o gás natural é aplicado principalmente nos processos de pelletização – formação de pelotas a partir de finos de minério. O processo de pelletização do minério de ferro é extremamente importante para as companhias de mineração, pois permite aproveitar as partes mais finas do minério que, caso contrário, seriam consideradas como rejeitos. Para produzir pelotas, é necessário o tratamento térmico dos finos de minério, que adquirem as características adequadas para a aplicação em alto forno siderúrgico (TAETS, 2014).

Segundo Taets (2014), existem vantagens ambientais e econômicas na utilização do gás natural como combustível no processo de pelletização de minério de ferro. Pelo lado ambiental, há redução das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, quando comparado ao uso do óleo combustível no processo de pelletização. Do ponto de vista econômico, esse combustível apresenta redução de custos, quando comparado também ao óleo combustível.

Na mineração de metais não-ferrosos, o gás natural tem importância fundamental na produção de alumínio por exemplo. Presente em diversos processos, desde a fusão até o alívio de tensões, garante qualidade do produto final, pois é um energético limpo e não contamina as matérias-primas. Nessa indústria, os fornos são aquecidos a elevadas temperaturas, podendo responder por 70% do consumo de energia nesse segmento (MONTEIRO; SILVA, 2010). Em termos de vantagens ambientais, outros benefícios podem ser alcançados, conforme destaca Alcoa (2012, p.37):

A Alcoa foi premiada pelo caso de substituição do óleo combustível por gás natural na unidade de Poços de Caldas (MG), iniciativa que, além de reduzir as emissões da planta, gerou retorno financeiro para a empresa. Nas caldeiras e nos calcinadores de Poços de Caldas, o óleo combustível foi substituído por gás natural, o que garantiu uma redução de 80 mil tCO<sub>2</sub> [...] cerca de 31% das emissões da unidade [...] por ano, e praticamente eliminou as emissões de SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre) no processo de refino da bauxita.

#### 3.4.6 Indústria de papel e celulose

A indústria de papel e celulose é caracterizada pelo grande consumo de vapor em seus processos, sendo que o gás natural possui alta penetração para o aquecimento das caldeiras. O energético ainda é utilizado em processos de calcinação e secagem de polpa, substituindo os derivados de petróleo com vantagens operacionais e ambientais. Do mesmo modo, por ser um combustível isento de impurezas, pode ser usado diretamente sobre a matéria-prima, aumentando significativamente o rendimento do processo (GASMIG, 2017).

Para Santos *et al.* (2002) o uso do gás natural nesse setor se deu em escala mundial, pois foi possível implantar processos mais eficientes, que resultou em um aumento da produtividade e do aproveitamento pleno das instalações industriais existentes, tudo isso com investimentos relativamente baixos. E o autor exemplifica: “na manufatura de papéis de parede, fornos a gás permitem pré-aquecer o papel antes de sua entrada nos secadores convencionais. Acelera-se, assim, o processo de secagem, obtendo-se um aumento de produtividade e um ganho em termos de eficiência energética” (SANTOS *et al.*, 2002, p.118).

Nessa indústria, o gás natural está presente em seus principais equipamentos e processos: caldeiras a gás e de força; fornos de radiação; queimadores para combustão submersa; trocadores de calor submersos compactos; tubos submersos compactos; processos de secagem direta; recuperação química; capotas de secagem de papel; fornos de cal e incineradores. Seu uso é possível também em outros equipamentos como estufas, geradores elétricos e até mesmo em empilhadeiras (MONTEIRO; SILVA, 2010; SANTOS *et al.*, 2002).

A título de exemplo, uma indústria de papel e celulose instalada em Minas Gerais, em seu Relatório de Sustentabilidade, fez a seguinte afirmação: “A produção de celulose na CENIBRA é baseada em uma **matriz energética sustentável, que utiliza predominantemente energia térmica renovável (licor preto e biomassa florestal) e combustível menos intensivo em carbono, como o gás natural** (CENIBRA, 2015, p.89 destaques nosso).

#### 3.4.7 Indústria siderúrgica

Na indústria siderúrgica, o gás natural pode ser empregado na maioria dos processos, desde a preparação de matérias-primas até a injeção no alto-forno, além dos processos de laminação, tratamento térmico, reaquecimento e sinterização. O energético é utilizado em vários equipamentos desse segmento: forno de fusão, de têmpera, de reaquecimento, secadores, fornalhas e em caldeiras (GASMIG, 2017; MONTEIRO; SILVA, 2010).

Em fornos de fusão e de tratamento térmico, o gás natural proporciona mais velocidade e homogeneidade no aquecimento, reduzindo o tempo de processamento e, por conseguinte, os custos operacionais. Igualmente, a vida útil e a produtividade dos fornos de fusão e tratamento térmico também aumentam significativamente. Segundo Monteiro e Silva (2010), esses processos respondem por um grande consumo de energia no processo de fabricação do aço.

Outro uso para o gás natural pode ser como combustível complementar nos altos fornos siderúrgicos, que utilizam coque como combustível primário. A injeção de gás natural e oxigênio nos altos fornos, permite uma mistura com melhor queima, diminuindo o consumo de coque e elevando a produtividade do forno como um todo (SANTOS *et al.*, 2002).

Por se tratar de um setor com alto consumo energético e, portanto, de relevante impacto ambiental, os ganhos com a introdução do gás natural podem ser extraordinários, conforme destaca Usiminas (2009, p.115):

Na usina de Ipatinga, as instalações começaram a ser adaptadas para o uso de Gás Natural (GN), o que permitirá a substituição do uso de óleo combustível, flexibilizando a matriz energética para a produção da usina. O gás natural é uma fonte de energia de menor impacto ambiental, com combustão limpa, reduzida emissão de poluentes e melhor rendimento térmico. Dessa forma, o uso de gás natural permite reduzir os níveis atuais de emissão de material particulado e SO<sub>x</sub> de Ipatinga, contribuindo para uma melhora da qualidade do ar [...]. Por apresentar baixos teores de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o uso de gás natural permite ainda uma redução dos gases agravantes de efeito estufa.

Em um processo diferente do convencional, o gás natural também pode ser utilizado na produção de ferro esponja. Já em outras atividades que compõem uma siderúrgica, Santos *et al.* (2002) destacam que, o gás natural pode ser misturado aos gases recuperados dos processos, tais como os gases de alto-forno, de coqueria ou de aciaria, obtendo-se uma mistura mais rica (com maior poder calorífico) para alimentar unidades termelétricas responsáveis pela autoprodução de eletricidade da siderúrgica.

#### 3.4.8 Indústria têxtil

A indústria têxtil é altamente diversificada em seus processos e produtos, podendo ser simplificada em duas etapas: fabricação e tratamento. Na fabricação, a energia assume a forma mecânica, tendo a eletricidade como principal insumo. Já no tratamento, os processos são intensivos em energia térmica, especialmente sob a forma de calor (SANTOS *et al.*, 2002).

De acordo com Monteiro e Silva (2010), o gás natural pode suprir cerca de 90% das necessidades energéticas para a produção de vapor e de água quente. O segmento têxtil exige bom controle da temperatura, funcionamento contínuo e precisão de fornecimento. Por exemplo, no processo de chamuscar o tecido, em que os excessos de fios são queimados, é necessária uma chama regulada e de altura uniforme, característica de controle que pode ser alcançada com o uso do gás natural.

Santos *et al.* (2002) acrescentam que nas operações de tingimento e estampagem, nas quais o produto é imerso em um banho, o uso de queimadores submersos possibilita elevados ganhos de eficiência e redução no consumo energético, uma vez que a combustão limpa do gás natural não contamina as matérias-primas utilizadas nessa fase da

produção. Considerando que o vapor é o principal insumo energético dos processos de tratamento, a cogeração mostra-se uma alternativa importante de otimização do uso de energia, permitindo que essa a indústria reduza a dependência do fornecimento de eletricidade da rede, além de diminuir a conta de energia.

#### 3.4.9 Indústria vidreira

Na produção de vidro, o gás natural pode ser utilizado desde a fusão até o alívio de tensões. Sua aplicação está disponível para os principais equipamentos dessa indústria: forno de fusão, forno de têmpera, requieima e linha de choque térmico. Os fornos de fusão e de tratamento térmico são responsáveis por grande parte do consumo de energia na produção de vidro. Uma vez adotado o gás natural, a vida útil e a produtividade desses equipamentos aumentam significativamente, pois essa fonte não contém contaminantes que atacam os refratários, reduzindo as paradas para manutenção (MONTEIRO; SILVA, 2010).

Os processos produtivos dessa indústria exigem um controle preciso de temperatura para se obter um produto de qualidade, característica que o gás natural consegue suprir com facilidade. Gasmig (2017) revela que esse energético permite uma redução de quase 30% no consumo de energia, já que o ar quente do forno pode ser usado para secagem e aquecimento das peças, pois os gases de exaustão são isentos de resíduos e compostos corrosivos.

A fabricação de vidro envolve temperaturas elevadíssimas, envolvendo uma produção elevada  $\text{NO}_x$ , necessitando de processos bem controlados. Segundo Santos *et al.* (2002), a combustão do gás natural exige menor excesso de ar, uma estratégia para reduzir a quantidade de oxigênio e evitar a formação de  $\text{NO}_x$ .

Em países desenvolvidos, o gás natural tornou-se o combustível predominante na indústria do vidro, utilizado em fornos desenhados para se obter alta eficiência energética e a produção de centenas de toneladas de vidro por ano. No Brasil, em função da política tarifária de eletricidade praticada para consumidores industriais, torna-se difícil para o setor julgar sobre as vantagens e desvantagens da adoção do gás natural. Em comparação com a energia elétrica, o uso do gás natural aumenta a produtividade dos fornos, uma vez que o aquecimento ocorre mais rápido e de forma mais homogênea, refletindo no tempo em que o produto fica no forno e nos custos operacionais (MONTEIRO; SILVA, 2010; SANTOS *et al.*, 2002).

## 4 METODOLOGIA

Esse capítulo tem a finalidade de descrever os procedimentos e as técnicas que foram utilizadas para construir o conhecimento científico produzido por este trabalho. Segundo Gil (2008), para que um conhecimento seja definido como científico é necessário demonstrar as operações mentais e técnicas que possibilitam a sua verificação, ou seja, determinar o método que possibilitou alcançar determinado conhecimento.

No mesmo sentido, Prodanov e Freitas (2013, p.24) consideram que “método é um procedimento ou caminho para alcançar determinado fim e que a finalidade da ciência é a busca do conhecimento, podemos dizer que o método científico é um conjunto de procedimentos adotados com o propósito de atingir o conhecimento”.

Para se alcançar determinados conhecimentos são realizadas pesquisas cuja finalidade é solucionar problemas ou esclarecer dúvidas, mediante a utilização de procedimentos científicos. Segundo Lakatos e Marconi (2007, p. 157), a pesquisa pode ser considerada “um procedimento formal com método de pensamento reflexivo que requer um tratamento científico e se constitui no caminho para se conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais”.

Para Gil (2008, p. 26), a pesquisa tem um caráter pragmático, é um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”. Cabe ressaltar que, apesar das pesquisas procurarem respostas, essas podem ou não ser encontradas, sendo que as chances de sucesso aumentam à medida que o enfoque da pesquisa é no seu processo e não como uma simples coleta de dados (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Prodanov e Freitas (2013, p.44) enfatizam a importância da pesquisa para os estudantes:

As pesquisas devem contribuir para a formação de uma consciência crítica ou um espírito científico do pesquisador. O estudante, apoiando-se em observações, análise e deduções interpretadas, através de uma reflexão crítica, vai, paulatinamente, formando o seu espírito científico, o qual não é inato. Sua edificação e seu aprimoramento são conquistas que o universitário vai obtendo ao longo de seus estudos, da realização de pesquisas e da elaboração de trabalhos acadêmicos. Todo trabalho de pesquisa requer: imaginação criadora, iniciativa, persistência, originalidade e dedicação do pesquisador.

Desta forma, quanto aos objetivos, a pesquisa deste trabalho foi do tipo exploratória, já que procurou proporcionar maior familiaridade com o problema (GIL, 2008). Essa abordagem tem como finalidade ampliar as informações sobre o assunto investigado, permitindo sua definição e seu delineamento, ou seja, delimitar o tema da pesquisa, orientar a fixação dos objetivos e a formulação das hipóteses. Portanto, foi realizado um levantamento bibliográfico, além da obtenção de informações em órgãos governamentais e em indústrias consumidoras de gás natural.

Já em relação aos procedimentos, a pesquisa foi do tipo híbrida: bibliográfica, documental e levantamento (*survey*). A parte bibliográfica envolveu a consulta a livros, dissertações, teses e artigos científicos. No que se refere a pesquisa documental, foram avaliadas informações sem tratamento analítico, às vezes dispersas, tais como: documentos oficiais, relatórios de empresas, tabelas estatísticas, dentre outros. Já o levantamento (*survey*) foi realizado por meio da aplicação de um questionário a pessoas com notória especialização teórica e prática no assunto, nas indústrias pesquisadas (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa bibliográfica e documental teve como objetivo levantar e organizar informações sobre o assunto analisado. No primeiro capítulo foram construídos argumentos para facilitar a compreensão da formação de uma matriz energética, bem como algumas correlações entre o surgimento de determinadas fontes de energia com o desenvolvimento industrial. Do mesmo modo, procurou-se relacionar a atuação do Estado com o uso da energia pela sociedade, por meio de suas políticas energéticas, também entendidas como políticas públicas.

No segundo capítulo procurou-se construir um entendimento geral sobre o gás natural. Nesse sentido, foram apresentados conteúdos técnicos ligados à definição, origem e cadeia exploratória desse energético. Em seguida, foram descritas as principais vantagens desse combustível, assim como os principais usos que essa fonte de energia possui na indústria. Tal capítulo revela grande importância para esse estudo, visto que responde, em parte, as indagações propostas inicialmente, ou seja, quais as vantagens do gás natural para a indústria mineira.

A partir do referencial teórico foi possível elaborar o questionário aplicado na etapa de levantamento (*survey*). O tipo de pesquisa escolhido tem por objetivo obter respostas selecionando um grupo significativo de pessoas para o levantamento das informações acerca do problema estudado. Na etapa seguinte, é realizada a análise quantitativa e são formuladas as conclusões do estudo (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Os levantamentos (*survey*) possuem tanto vantagens como limitações, sendo indicados para estudos de opiniões e atitudes, como por exemplo preferência eleitoral e comportamento do consumidor. Por outro lado, deve ser evitado em pesquisas de estruturas sociais mais complexas. Assim, Gil (2008, p.56) afirma que “os levantamentos se tornam muito mais adequados para estudos descritivos do que para explicativos”.

Com relação a forma de realizar os levantamentos, Gil (2010, p. 35) destaca que:

[...] não são pesquisados todos os integrantes da população estudada. Antes selecionamos, mediante procedimentos estatísticos, uma amostra significativa de todo o universo, que é tomada como objeto de investigação. As conclusões obtidas a partir dessa amostra são projetadas para a totalidade do universo, levando em consideração a margem de erro, que é obtida mediante cálculos estatísticos.

Segundo Gasmig (2017) haviam 110 indústrias consumindo gás natural em Minas Gerais no ano de 2016. Desse modo, a população estudada é representada por esse número. Para a seleção da amostra, foi utilizado o Princípio de Pareto, também conhecido como Regra 80/20. De acordo com esse critério, é possível inferir que, para alguns fenômenos, 80% das consequências advêm de 20% das causas.

Haughey (2017) afirma que o Princípio de Pareto é uma técnica estatística usada na seleção de um número limitado de tarefas, mas que assume representatividade geral. Para o autor, a regra 80/20 possui aplicações diversas, tais como: 80% das reclamações dos clientes surgem a partir de 20% de seus produtos ou serviços; 80% dos atrasos no cronograma surgem a partir de 20% das possíveis causas dos atrasos; 80% do lucro de uma organização provem de apenas 20% de seus produtos ou serviços; 20% de sua força de vendas responde por 80% do faturamento da sua empresa.

Partindo do Princípio de Pareto, considerou-se que 20% dos clientes industriais da Gasmig representaram 80% do volume de gás natural vendido em Minas Gerais. Para confirmar esse atributo, Gasmig (2017) afirma que os dez maiores clientes da companhia foram responsáveis por 66,88% do consumo do segmento industrial em 2016. Desta forma, foram selecionados os 22 maiores clientes industriais da companhia para responder ao questionário proposto. Contudo, considerando as especificidades da indústria do gás natural, foram enviados questionários para mais de uma pessoa da mesma empresa, na tentativa de ampliar a representatividade do estudo. Tal fato se justifica pelos seguintes motivos: nas grandes empresas, os responsáveis pelos contratos de suprimento de energia nem sempre estão alocados nas plantas industriais, possuindo uma visão mais estratégica da matriz

energética; por outro lado, há também as pessoas que trabalham diretamente com o insumo energético na indústria, possuindo uma percepção diferente das vantagens de cada fonte de energia. Assim, sempre que possível, o questionário foi enviado para uma pessoa da área de suprimentos, bem como para um respondente da área operacional das empresas pesquisadas. Seguindo essa estratégia, foram enviados 37 questionários para as indústrias selecionadas, sendo obtidas 22 respostas, ou seja, um aproveitamento de 60% da amostra.

A elaboração do questionário foi baseada no referencial teórico, principalmente, no Quadro 1, que retrata de forma sintetizada as vantagens do gás natural. Foram formuladas dezoito afirmações para serem avaliadas pelos respondentes por meio de uma escala Likert de cinco pontos. A escala Likert tem sido muito utilizada ao longo das últimas décadas para uma grande quantidade dos estudos quantitativos, pois é reconhecida como um instrumento de pesquisa que mede construtos de atitudes, percepções, interesses, etc. Essa escala é usada para medir concordância de pessoas a determinadas afirmações relacionadas aos construtos de interesse (JÚNIOR; COSTA, 2014).

Para Cunha (2007) uma escala Likert é composta por um conjunto de frases, afirmativas ou negativas, em que se pede ao sujeito pesquisado para manifestar o grau de concordância com o item, podendo discordar totalmente (nível 1) até concordar totalmente (nível 5).

Do mesmo modo, Junior e Costa (2014) acrescentam que a escala Likert consiste em tomar um construto e desenvolver um conjunto de afirmações relacionadas à sua definição, para as quais os respondentes emitirão seu grau de concordância. O Quadro 2 mostra o modelo que foi adotado neste trabalho para a medição de um construto em 5 pontos. Para mensuração dos resultados, mede-se a resposta do sujeito somando, ou calculando a média, do nível selecionado para cada item.

#### **Quadro 2 - Exemplo de Escala Likert**

1	2	3	4	5
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Indiferente	Concordo parcialmente	Concordo totalmente

Fonte: JÚNIOR; COSTA, 2014.

Adicionalmente, foram elaboradas três perguntas abertas para tentar captar a percepção dos respondentes quanto as vantagens do gás natural de forma livre e espontânea.

Tais perguntas tem a finalidade de permitir maior liberdade de expressão por parte dos entrevistados, ao mesmo tempo em que capturam de forma fidedigna uma opinião. As perguntas abertas foram respondidas por dezoito profissionais da indústria, obtendo um aproveitamento de 49% da amostra.

Conforme observado no Quadro 1, as afirmações do questionário foram construídas e agrupadas procurando estabelecer uma relação com o tipo de vantagem apresentada pelo gás natural: ambiental, segurança, econômica e para o usuário.

Todos os questionários foram respondidos de forma anônima, não havendo nenhuma referência que possibilite a identificação do respondente ou da indústria pesquisada. Tal medida, visa garantir maior confiabilidade à pesquisa, tendo em vista o universo de empresas participantes.

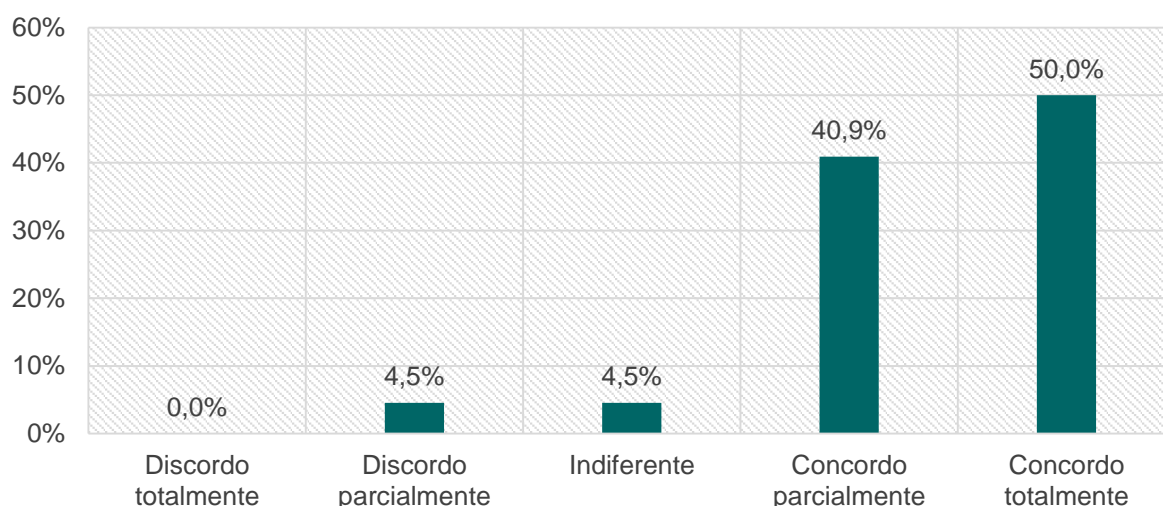
O questionário completo com todas as afirmações, perguntas e respostas se encontram no Apêndice A.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Seguindo a lógica estabelecida na construção do questionário, conforme descrita no capítulo de metodologia, a análise dos resultados procurou, sempre que possível, agrupar as respostas em função do tipo de vantagem oferecida pelo gás natural: ambiental, segurança, econômica e para o usuário. Contudo, deve-se destacar que um tipo de vantagem pode estar inter-relacionada com outra. Por exemplo, relação da eliminação do tratamento de emissões (ambiental) e a redução de custos operacionais das indústrias (econômica).

Um dos construtos mais presentes na literatura sobre o gás natural é a sua vantagem ambiental quando comparado a outros combustíveis fósseis. Desse modo, o gás natural passou a ostentar uma imagem de combustível “mais limpo”. Tal fato pode ser comprovado ao se constatar que 77% dos respondentes concordaram, totalmente ou parcialmente, que o gás natural é utilizado em suas empresas por ser um combustível mais limpo. Essa situação reflete a percepção de que o gás natural reduz o impacto ambiental provocado pelas atividades industriais, demonstrada no Gráfico 2, assim como amplia a imagem de sustentabilidade das empresas perante o público (Gráfico 3).

**Gráfico 2 - A utilização do gás natural reduz o impacto ambiental provocado por minha empresa.**

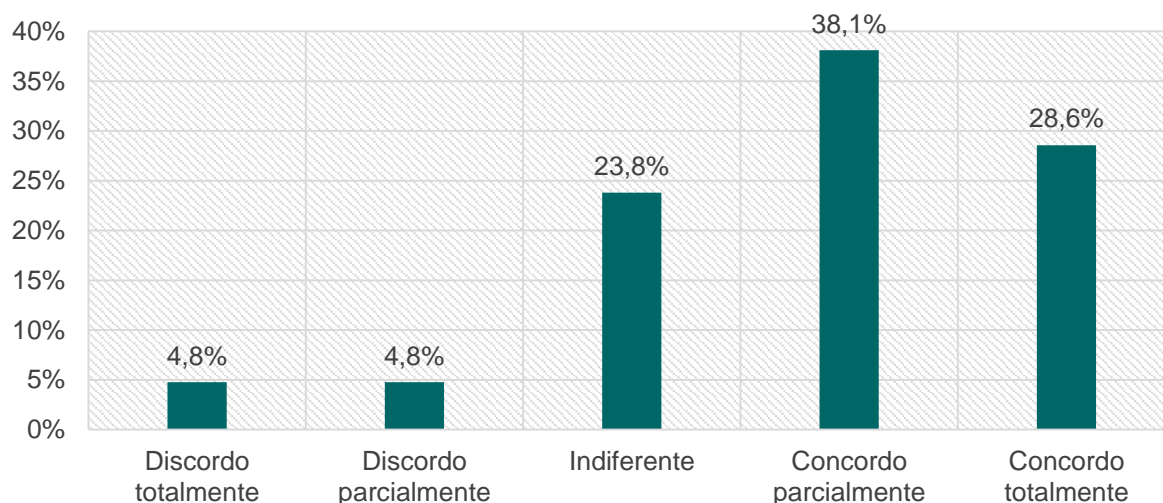


Fonte: Elaborado pelo autor

Na pesquisa realizada, ficou evidente outra característica marcante do gás natural, a sua capacidade de reduzir as emissões de gases poluentes. Foi verificado que 91% das empresas entrevistadas concordaram, totalmente ou parcialmente, que esse combustível

reduziu os custos com o tratamento de emissões, incluindo os gases de exaustão, material particulado, cinzas, etc.

**Gráfico 3 - A utilização do gás natural melhora a imagem de sustentabilidade da minha empresa perante os clientes.**



Fonte: Elaborado pelo autor

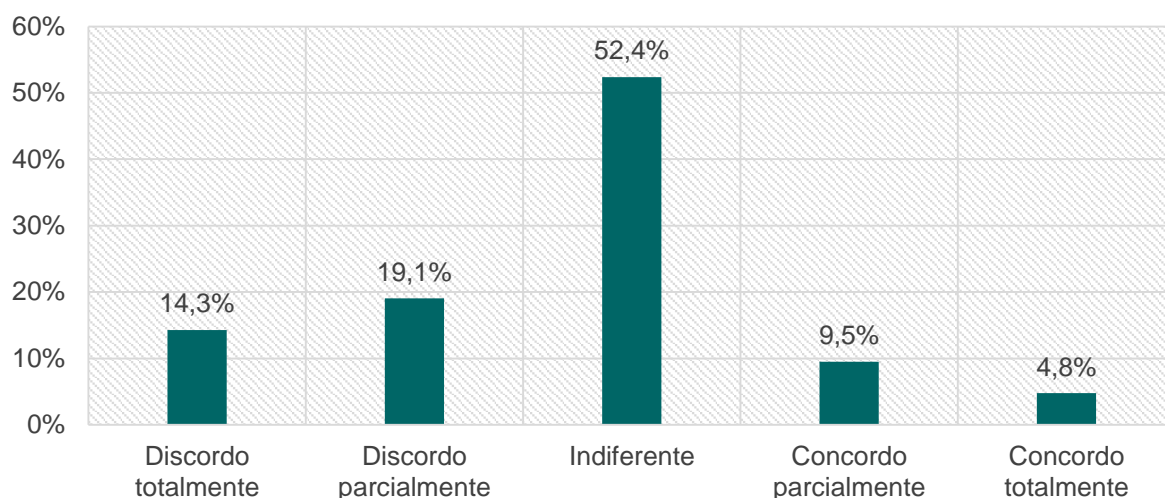
No entanto, apesar da utilização do gás natural apresentar essas vantagens ambientais, Monteiro e Silva (2010) relatam a inexistência de legislações ambientais mais rígidas que incentivem a substituição de outros energéticos mais agressivos ao meio ambiente no Brasil. Mesmo com as pressões de ambientalistas e a concepção de acordos mundiais para a redução das emissões de gases causadores do “efeito estufa”, o processo legislativo não tem acompanhado a evolução das fontes de energia, visando ampliar a penetração do gás natural na matriz energética das indústrias.

Santos *et al.* são ainda mais contundentes ao afirmarem que:

[...] não havendo legislações ambientais mais rigorosas ou estruturas institucionais robustas que permitam sua aplicação, o industrial não de obriga a considerar os custos ambientais de seu consumo energético. Assim, um elemento importante da **vantagem competitiva** do gás natural dispersa-se (2002, p.110, destaque nosso).

Assim, conforme exposto no Gráfico 4, a maior parte das indústrias não relacionam o uso do gás natural como uma adequação a legislação ambiental ou mesmo pela necessidade de certificações. Na verdade, a maior parte dos entrevistados revela grande indiferença quanto ao tema, tendo ainda uma parcela representativa que discorda dessa afirmação.

**Gráfico 4 - A utilização do gás natural foi motivada por legislação ambiental ou necessidade de certificações.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Com relação ao quesito de segurança, novamente o gás natural vem corroborar para ampliar essa dimensão nas organizações industriais. De acordo com a pesquisa, para 96% das indústrias, o uso do gás natural eliminou, totalmente ou parcialmente, a armazenagem de combustíveis no interior das instalações. Para Abreu e Martinez (2003) o armazenamento de combustíveis em ambientes fechados e pouco aerados representa grandes riscos para os trabalhadores, principalmente para aqueles que desconhecem os ímpetos desses estoques. A utilização do gás natural elimina a necessidade de estoques, já que o fornecimento é realizado por meio de redes construídas dentro das indústrias.

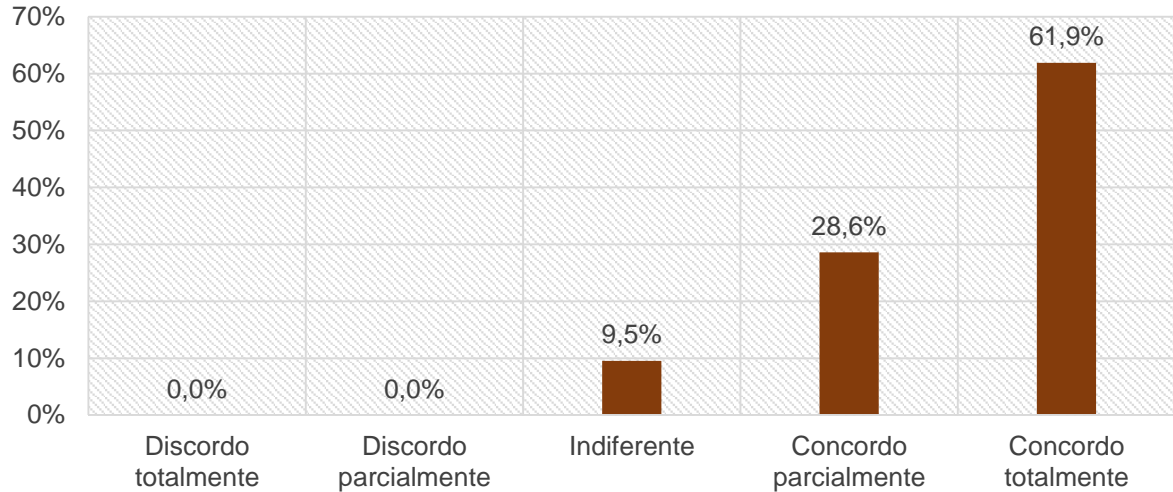
Pinto Júnior *et al.* complementam esse entendimento ao afirmarem que:

[...] o gás natural dispensa a estocagem no local de consumo. Ele é consumido imediatamente quando entregue ao consumidor final. Isto representa uma importante **vantagem competitiva**, dado que os consumidores não precisam investir na infraestrutura de armazenamento e imobilizar capital constituindo estoques (2016, p.234, destaque nosso).

Vale destacar ainda que o gás natural possui um fator adicional de segurança. Sua composição química determina uma baixa densidade em relação ao ar, não permitindo seu acúmulo próximo ao nível do solo e facilitando sua dispersão em caso de vazamentos. Tais características ampliam a percepção de segurança dos consumidores, uma vez que 81% das empresas relataram concordância, total ou parcial, onde o uso do gás natural aumentou a segurança nos processos produtivos. Em termos de segurança, o gás natural apresenta

vantagens muito visíveis para a indústria, tal fato justifica a imagem de confiabilidade e segurança representada por essa fonte de energia (Gráfico 5).

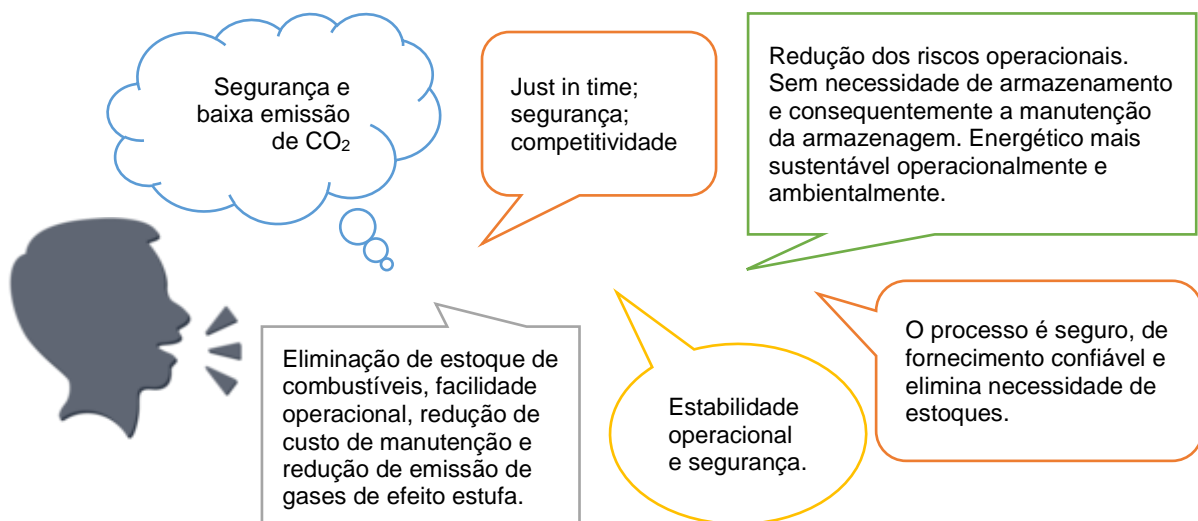
**Gráfico 5 - O gás natural representa uma fonte de energia confiável e segura.**



Fonte: Elaborado pelo autor

As vantagens ambientais e de segurança do gás natural são bastantes aparentes na indústria. Quando questionados abertamente sobre as principais vantagens desse combustível, vários respondentes remeteram-se a segurança e ao meio ambiente para enfatizar os benefícios do gás natural. A Figura 5 retrata essa percepção, nela podem ser constatadas algumas das respostas dos entrevistados quando foi realizada a seguinte pergunta: “Na sua visão, quais as principais vantagens do Gás Natural para a sua empresa?”.

**Figura 5 - Principais vantagens do gás natural, relatadas em pesquisa aberta**

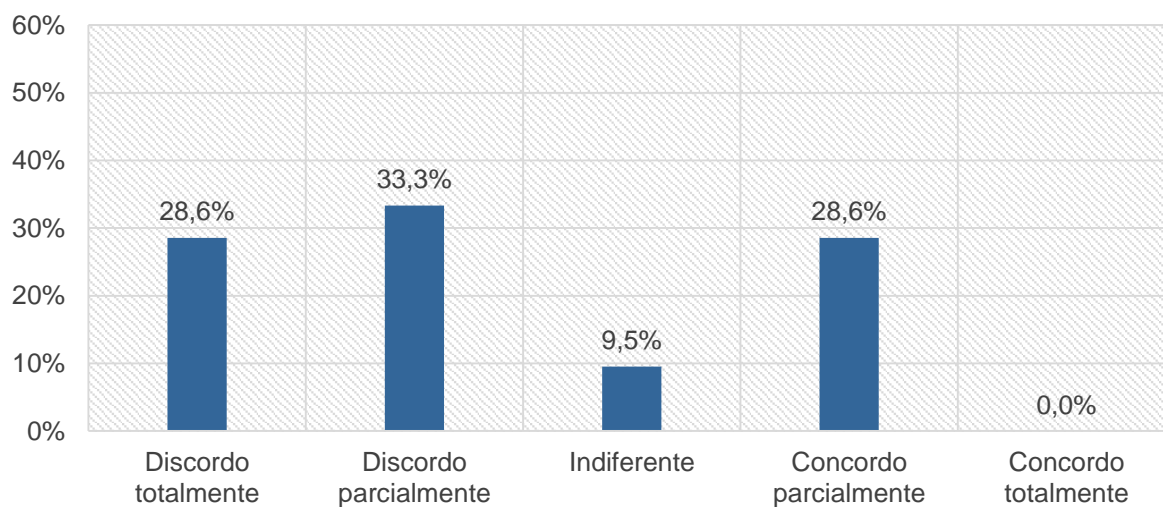


Fonte: Elaborado pelo autor

Quando se tratou de vantagens econômicas, a pesquisa apontou para opiniões heterogêneas quanto ao uso do gás natural. Apesar de 32% dos entrevistados concordarem parcialmente que houve redução nos custos dos processos produtivos, outros 32% rejeitaram essa afirmação, discordando totalmente ou parcialmente dessa questão. Uma fração dessa conjuntura pode ser explicada ao considerar-se que, para uma parte dos setores industriais o peso do insumo energético é relativamente baixo na formação dos custos dos produtos industriais (SANTOS *et al.*, 2002).

Embora para alguns segmentos industriais a representatividade da energia seja pequena na matriz de custos, poucas empresas estão dispostas a pagar um prêmio pela utilização do gás natural. Quando foram questionadas sobre a possibilidade de se pagar um valor um pouco mais alto no gás natural em função das suas vantagens, 62% discordaram, totalmente ou parcialmente, dessa afirmação (Gráfico 6).

**Gráfico 6 - Considero justo pagar um valor um pouco mais alto no gás natural em função das vantagens oferecidas por esse energético.**

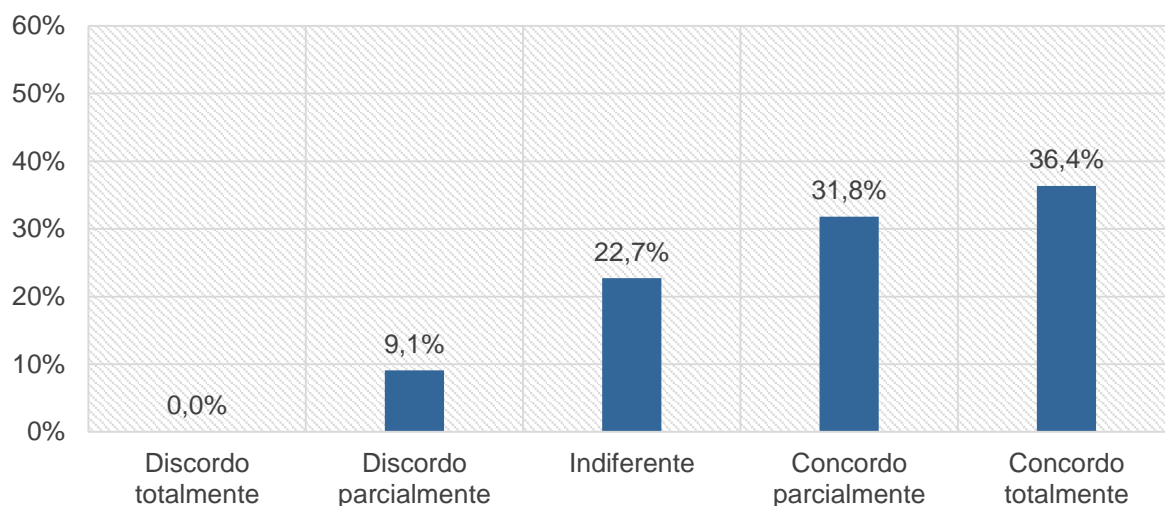


Fonte: Elaborado pelo autor

Santos *et al.* (2002) explicam que em países menos desenvolvidos, com pouca tradição cultural para o uso do gás natural, procura-se com frequência uma diminuição do custo da energia com a incorporação desse energético. Tendo em vista a pouca maturidade da indústria gasífera, os investimentos em infraestrutura de transporte e distribuição tornam o preço do gás natural menos atrativo, dificultando a substituição dos energéticos concorrentes que possuem infraestruturas logísticas consolidadas. Muitas vezes, a chegada do gás natural, permitindo uma diversificação da matriz energética, contribui apenas para que os

consumidores industriais negociem condições de suprimento mais favoráveis com os energéticos concorrentes, conforme pode ser visualizado no Gráfico 7.

**Gráfico 7 - A diversificação da matriz energética, com a introdução do gás natural, foi importante para a gestão energética da empresa, pois possibilitou maiores alternativas.**



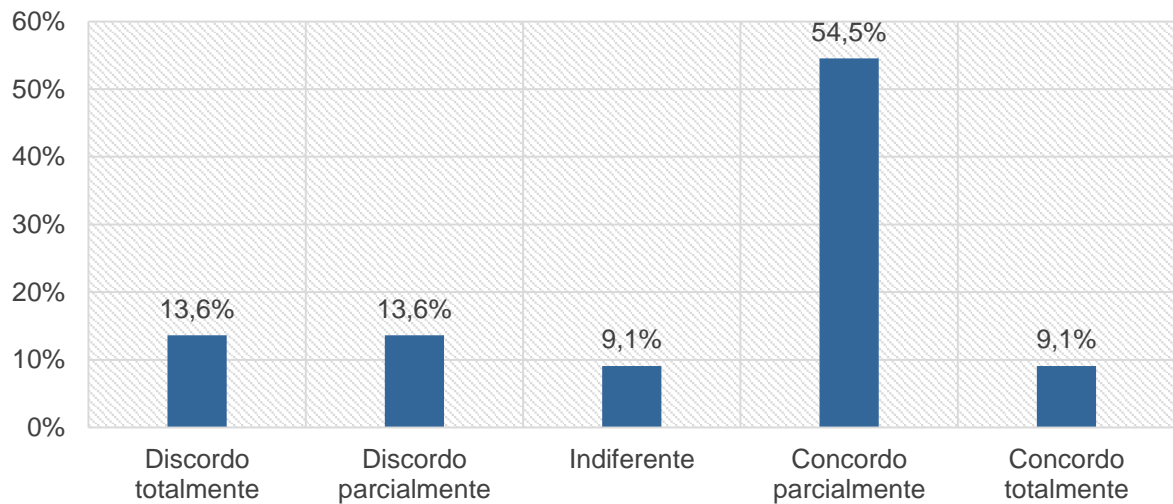
Fonte: Elaborado pelo autor

Em mercados energéticos incipientes, os sinais econômicos podem reduzir a visibilidade das vantagens de se utilizar o gás natural. Esse energético deveria contribuir para aumentar a competitividade, produtividade e qualidade da indústria, conforme Santos *et. al.*

A incorporação do gás natural pelos setores industriais em países menos desenvolvidos como o Brasil deve ser justificada dentro de uma ótica mais ampla do conceito de **competitividade**. A utilização do gás deve induzir a compra de máquinas e a aquisição de novas tecnologias, permitindo um aumento da **produtividade** e da **qualidade** dos bens finais produzidos. Além do mais, com a adaptação da matriz energética no sentido de uso mais racional dos diferentes energéticos, haverá uma redução progressiva das demandas energéticas a serem atendidas (2002, p.111, destaque nosso).

Nesse sentido, a pesquisa procurou identificar se há uma contribuição do gás natural para ampliar a competitividade, produtividade e qualidade da indústria. Conforme exibido no Gráfico 8, a maior parte dos entrevistados (55%) consideraram que o uso do gás natural melhora, parcialmente, a qualidade, produtividade e competitividade dos seus produtos. Ainda em termos econômicos, 73% consideram, parcialmente ou totalmente, que o pagamento após o consumo do gás natural é uma característica importante para o fluxo de caixa da empresa.

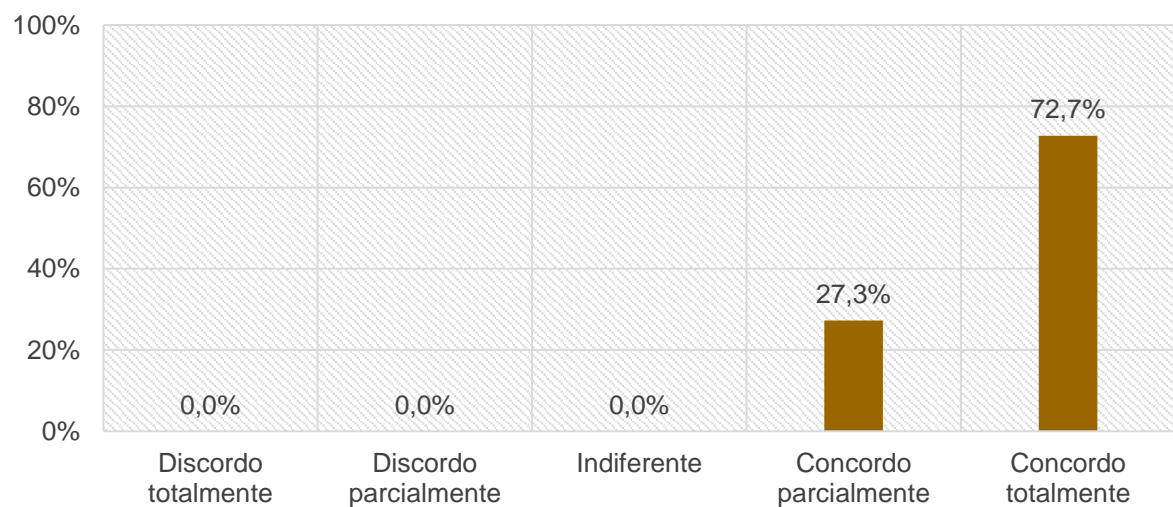
**Gráfico 8 - O uso do gás natural melhora a qualidade, produtividade e competitividade dos produtos da minha empresa.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Quando analisamos as vantagens descritas como diretas para o usuário, uma delas aparece com inigualável índice de concordância por parte dos consumidores analisados: a confiabilidade no fornecimento contínuo do gás natural. Segundo a pesquisa, 73% concordaram totalmente com essa afirmativa, e os outros 27% concordaram parcialmente (Gráfico 9).

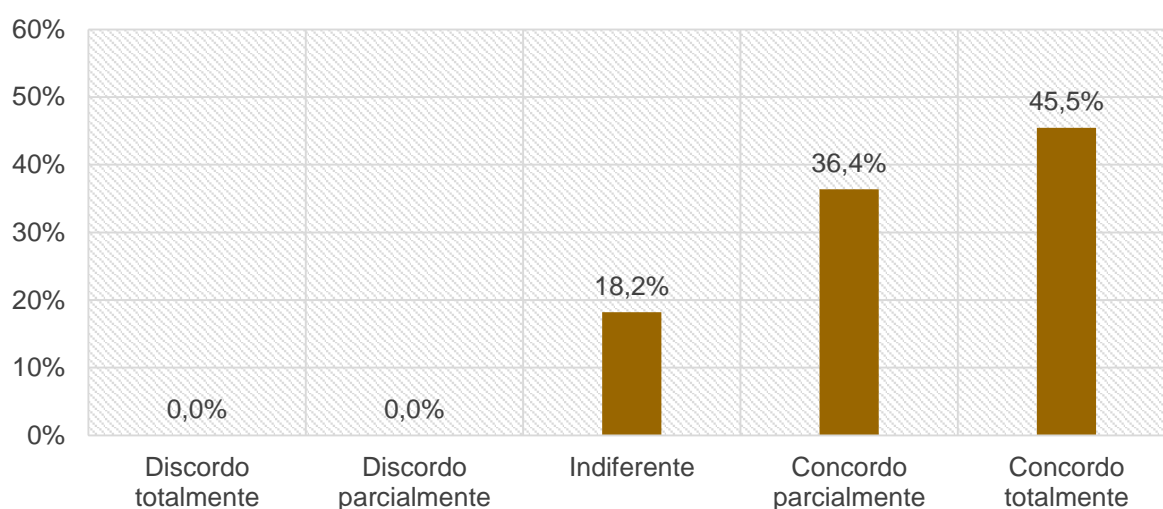
**Gráfico 9 - O fornecimento de gás natural é estável e contínuo, com baixíssimos índices de interrupção.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Outra característica acentuada na dimensão de vantagem direta para o usuário é facilidade de se trabalhar com o gás natural. Conforme já exibido na Figura 5, essa foi uma das vantagens mais citadas pelos respondentes quando foi realizada uma pergunta aberta e de resposta espontânea. Santos *et al.* (2002, p.96) confirma esse entendimento ao revelar que “o gás natural compara-se com a energia elétrica em termos de facilidade de operação”. Portanto, a pesquisa encontrou uma avaliação muito próxima disso na indústria mineira (Gráfico 10).

**Gráfico 10 - O uso do gás natural facilita a operação e controle dos processos produtivos da empresa.**

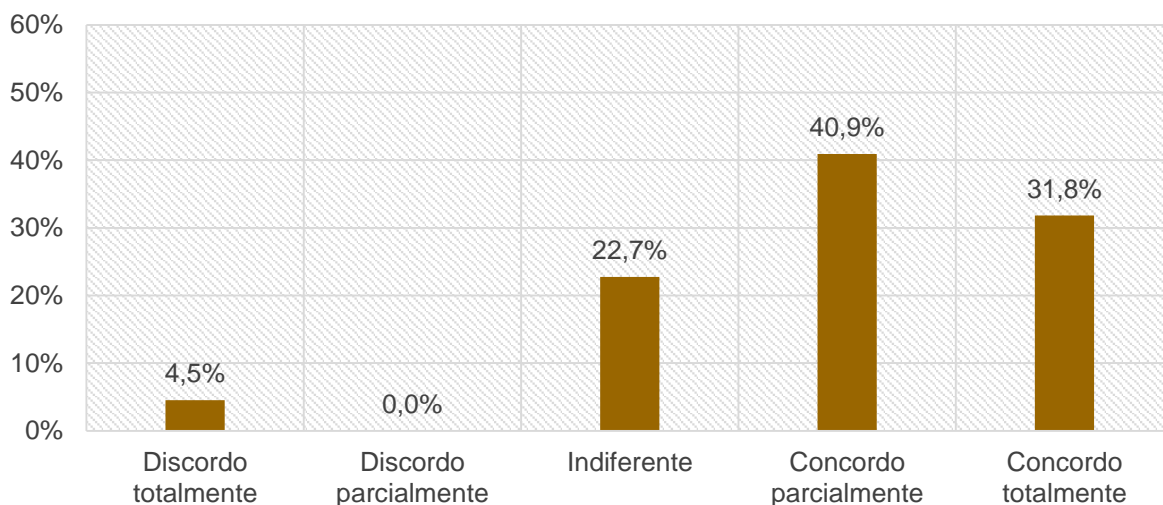


Fonte: Elaborado pelo autor

Em função da facilidade operacional do gás natural, uma série de automações podem ser introduzidas na indústria, contribuindo para reduzir a mão de obra empregada diretamente no controle e manuseio dos processos produtivos. Nesse sentido, a entrevista revelou que 45% das empresas concordaram parcialmente e outros 9% concordaram totalmente que o uso do gás natural implicou em redução direta de mão de obra nos processos produtivos.

Do mesmo modo, as indústrias percebem que a utilização do gás natural tem impactos positivos na vida útil e nos custos de manutenção das instalações (Gráfico 11). Para Santos *et al.* (2002) o gás natural proporciona grandes economias na manutenção e instalação dos equipamentos, já que não provoca a deposição de impurezas nas superfícies de troca térmica, evitando a sua corrosão.

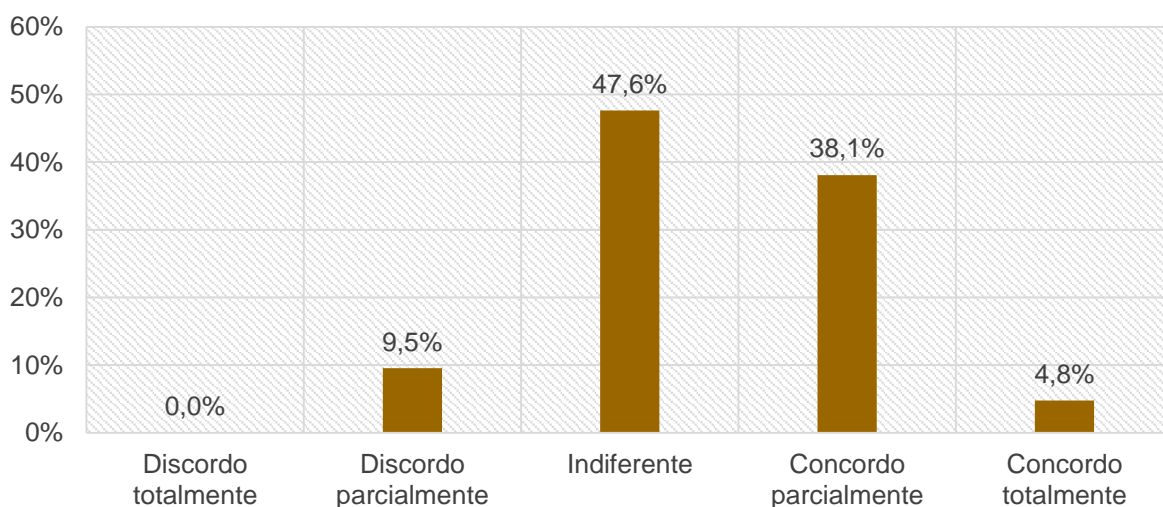
**Gráfico 11 - O uso do gás natural reduz os custos de manutenção dos equipamentos.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Por outro lado, não ficou tão evidente na pesquisa realizada a afirmação de que o gás natural aumenta o rendimento térmico dos processos, apesar da literatura ter mencionado por diversas vezes essa vantagem. Conforme revela o Gráfico 12, grande parte dos entrevistados revelaram indiferença com relação a essa afirmação. Vale ressaltar que essa afirmativa possui um caráter técnico e seriam necessários estudos mais elaborados que justifiquem a natureza das respostas. A indiferença dos respondentes constatada nesse item pode estar relacionada a abordagem superficial do assunto.

**Gráfico 12 - O uso do gás natural aumenta o rendimento térmico e reduz o tempo de produção.**



Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, na tentativa de capturar a percepção geral que o gás natural possui para os usuários da indústria, foi realizada a seguinte pergunta aberta: “Suponhamos que sua empresa deixará de utilizar o Gás Natural a partir desse momento. Qual o seu sentimento, em poucas palavras, sobre tal hipótese?”. Para avaliar as respostas, foi criada uma classificação em função do “valor percebido” pelos consumidores quanto às vantagens oferecidas pelo gás natural, conforme apresentado no Quadro 3.

**Quadro 3 - Classificação das repostas em função do valor percebido pelas indústrias quanto as vantagens do gás natural**

Classificação	Descrição
1	Possui uma baixa percepção quanto as vantagens do gás natural.
2	Possui uma percepção média quanto as vantagens do gás natural.
3	Possui uma alta percepção quanto as vantagens do gás natural.

Resposta	Classificação
Se for vantajoso economicamente não vejo nenhum problema.	1
Iríamos substituí-lo imediatamente.	1
Sem problemas a planta é flexível em sua matriz energética.	1
Indiferente.	1
Se essa decisão for tomada com certeza foi baseada em algum estudo de viabilidade, desta forma me sentiria tranquilo quanto a mudança.	1
Não haverá grandes impactos na produção.	2
Duas vertentes, ganho em termos de custo de geração de vapor, por outro lado maior complexidade no processo de geração.	2
Indignação. Em função dos investimentos que foram realizados internamente na empresa e no gasoduto.	2
Esta hipótese só seria considerada caso houvesse aumento de preços e redução da confiabilidade do suprimento. O GN já integra as operações de nossa empresa e esta alternativa não é considerada no curto prazo.	2
Readequação de estratégias, com impacto na estabilidade da produção e aumento do risco de acidentes.	3
Regredir, voltar no tempo.	3
Com certeza, seria um retrocesso, com impactos importantes no custo operacional da empresa.	3
Mais trabalho de manutenção e operação dos equipamentos.	3
Equivoco.	3
Andar para traz.	3
Um risco muito grande para estabilidade do processo produtivo e para a saúde financeira.	3
Seria um retrocesso sob o aspecto ambiental e logístico.	3
Muito ruim. Precisaríamos migrar para combustíveis mais caros e com maior impacto ambiental.	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio dessa análise, verifica-se que o valor percebido pela indústria em relação às vantagens proporcionadas pelo uso gás natural é distinto. Enquanto alguns atribuem grande valor a utilização desse energético, outros consideram que, apesar dos benefícios, seu uso é dispensável em determinadas situações. Há ainda aqueles que manifestaram uma opinião muito relacionada com o custo e a viabilidade econômica de se consumir o insumo, dispensando as demais vantagens.

Destaca-se que a maior parte das indústrias pesquisadas possui uma alta percepção das vantagens de se utilizar o gás natural em suas instalações. Algumas das respostas indicam que deixar de utilizar o gás natural seria um “equivoco”, fazendo a empresa “andar para traz”, isto é, “regredir, voltar no tempo”. Alguns profissionais relataram que essa hipótese seria “muito ruim”, e completaram “precisaríamos migrar para combustíveis mais caros e com maior impacto ambiental”.

Contudo, não se pode deixar de evidenciar as respostas que retrataram uma indiferença quanto a hipótese levantada. Alguns respondentes não consideram isso um problema e que o gás natural seria “substituído imediatamente”. Normalmente, essas indústrias se limitam a observar as vantagens econômicas e principalmente a competitividade de custo do gás natural em relação aos outros combustíveis.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há muitos anos o gás natural está presente na matriz energética de vários países, principalmente da Europa e os Estados Unidos, contribuindo para o desenvolvimento econômico, industrial e para o bem-estar dessas populações em geral. No Brasil, até o início desse século, a penetração do gás natural na matriz energética ocorreu de forma tímida, restringindo o fornecimento do insumo a poucas localidades (SANTOS *et al.*, 2002).

Atualmente, ocorre uma mudança completa desse quadro, em face de alguns acontecimentos que favoreceram uma mudança de visão e aproveitamento do gás natural pelo Brasil:

- Novas descobertas de reservas de gás natural pela Petrobras e a exploração do pré-sal brasileiro;
- O fornecimento de gás boliviano, com a conclusão do gasoduto de transporte Brasil-Bolívia e de um contrato de suprimento que garantem o suprimento de 30 milhões de m<sup>3</sup>/dia de gás natural ao Brasil;
- Os investimentos em novas infraestruturas de transporte do gás natural pelo país, como a interligação da malha de gasodutos sudeste-nordeste e os terminais de regaseificação de GNL que facilitam a importação do insumo;
- Uma série de novas tecnologias para utilização direta do gás natural, que deverão transformar completamente o papel do gás na matriz energética brasileira e mundial;
- O programa “Gás para Crescer”, lançado pelo Ministério de Minas e Energia em 2017, com o objetivo de debater com os agentes da indústria medidas efetivas de aprimoramento das normas do setor visando um mercado com diversidade de agentes, competitividade e que contribua para o crescimento do país.

Desse modo, o gás natural pode desempenhar uma importante função na matriz energética brasileira, contribuindo para manter o país como um exemplo a ser seguido em termos de sustentabilidade no uso das fontes de energia, possibilitando a implantação de políticas energéticas que estimulem a substituição de outros combustíveis fósseis (PINTO JUNIOR *et al.*, 2016).

Este trabalho se propôs a descrever as principais vantagens proporcionadas pela utilização do gás natural, principalmente pelo setor industrial. O gás natural é considerado

um combustível limpo, quando comparado aos demais combustíveis fósseis, com baixa emissão de poluentes e menor impacto ambiental, contribuindo para reduzir o efeito estufa. Esse energético, devido à sua composição, produz queima limpa e uniforme, com muito menos fuligem, particulados e outras substâncias que prejudicam o meio ambiente.

O formato da indústria do gás natural permite o fornecimento contínuo e confiável, dispensando a estocagem de combustível nos locais de consumo. Suas características físico-químicas aumentam a segurança no manuseio e uso desse insumo. Além disso, o baixo nível de contaminantes contribui para a redução dos custos de manutenção dos equipamentos e instalações. Destaca-se ainda que a possibilidade de queima direta permite ganhos de eficiência energética nos processos industriais. Por essas e outras, vimos que o gás natural apresenta diversas vantagens para a indústria mineira.

Nesse sentido, o presente trabalho classificou essas vantagens em: ambientais, de segurança, econômicas e diretas para o usuário. Também foram descritas diversas utilizações que o gás natural possui nos mais variados ramos industriais, com algumas demonstrações reais em que vantagens foram alcançadas por empresas instaladas em Minas Gerais.

A partir do enquadramento de vantagens proposto, foi realizado um levantamento, junto a profissionais com notório conhecimento do assunto, para avaliar a percepção da indústria mineira em relação a essas vantagens. De acordo com a metodologia apresentada e o índice de respostas obtidos, considera-se que a pesquisa atingiu o seu objetivo.

Essa pesquisa revelou que algumas vantagens do gás natural possuem uma alta percepção pela indústria, sendo que essas normalmente estão relacionadas as dimensões ambientais, de segurança e as diretas para o usuário. Cabe ressaltar que apesar dos benefícios ambientais, a indústria apontou que não há correlação entre a escolha pelo gás natural com o atendimento a legislações ambientais. Por outro lado, a percepção é difusa quando se trata de vantagens econômicas proporcionadas pelo gás natural. Apesar de reconhecer as diversas vantagens do gás natural, muitas indústrias não estão dispostas a pagar um prêmio pela utilização desse combustível. O estudo mostrou ainda que, para determinadas indústrias mineiras, o uso do gás natural tem contribuído para melhorar a competitividade e sustentabilidade empresarial, elevando a produtividade e a qualidade dos produtos em mercados concorrentes.

Tendo em vista a relevância que o gás natural possui na matriz energética regional, nacional e mundial, sugere-se que em estudos posteriores sejam acrescentados os seguintes objetos de pesquisa:

- Aumentar o escopo do estudo, incluindo na amostragem as indústrias usuárias de gás natural de outros estados brasileiros;
- Diversificar e identificar o perfil das empresas consumidoras, permitindo uma análise de resultados por segmentos;
- Especificar a avaliação em técnico-quantitativa, com o objetivo de precisar, matematicamente, as vantagens competitivas da utilização do gás natural.

## 7 REFERÊNCIAS

ABREU, Percy Louzada de; MARTINEZ, José Antonio. **Gás Natural: o combustível do novo milênio**. 2. ed. Porto Alegre: Plural Comunicação, 2003. 82 p.

ALCOA. **Relatório de Sustentabilidade 2012**. Disponível em: < [www.alcoa.com/brasil/pt/pdf/relatorios-sustentabilidade/Alcoa\\_RS2012.pdf](http://www.alcoa.com/brasil/pt/pdf/relatorios-sustentabilidade/Alcoa_RS2012.pdf). Acesso em: 07 abr. 2017.

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução nº 16, de 17 de junho de 2008. **Estabelece o regulamento técnico que se aplica ao gás natural processado, de origem nacional ou importado, a ser comercializado em todo o território nacional**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 18 jun. 2008. n. 115, Seção 1, p. 69-71.

BAJAY, SERGIO VALDIR. Planejamento energético: Necessidade, objetivo e metodologia. **Revista Brasileira de Energia**, v. 1, n. 1, p. 45-53, 1989. Disponível em: <[http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos\\_pdf/v01n01/v01n01a3.pdf](http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos_pdf/v01n01/v01n01a3.pdf)>. Acesso em: 01 mai. 2017.

BRASIL. Lei nº 9.478, de 06 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. **Presidência da República**: Casa Civil - Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília, DF, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9478.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9478.htm)>. Acesso em: 21 mar. 2017.

CALABI, Andréa Sandro *et al.* **A energia e a economia brasileira**: Interações econômicas e institucionais no desenvolvimento do setor energético no Brasil. São Paulo: Pioneira/FIPE, 1983. 250 p.

CENIBRA, Celulose Nipo-Brasileira S.A. **Relatório de Sustentabilidade 2015**. Disponível em: <<https://www.cenibra.com.br/wp-content/uploads/relatoriodesustentabilidade/2015/index.html>>. Acesso em: 07 abr. 2017.

CUNHA, Luísa Margarida Antunes da. **Modelos Rasch e Escalas de Likert e Thurstone na medição de atitudes**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Estatística e Investigação Operacional, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007. Disponível em: < [http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1229/1/18914\\_ULFC072532\\_TM.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/1229/1/18914_ULFC072532_TM.pdf) > Acesso em: 11 mai. 2017.

GASMIG, Companhia de Gás de Minas Gerais. **Industrial**. 2017. Disponível em: <<http://www.gasmig.com.br/NossosServicos/Industrial/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

\_\_\_\_\_. **Relatório Anual – Ano 2016**. Disponível em: <<http://www.gasmig.com.br/Institucional/Paginas/Balanco-Anual.aspx>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

\_\_\_\_\_. **Características Físico Químicas**. 2017. Disponível em: <<http://www.gasmig.com.br>>. Acesso em: 24 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Gás Natural em Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2004.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

\_\_\_\_\_. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOLDEMBERG, José; MOREIRA, José Roberto. Política energética no Brasil. **Estudos avançados**, v. 19, n. 55, p. 215-228, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/ea/v19n55/14.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

HAUGHEY, Duncan. **Pareto analysis step by step**. ProjectSmart.co.uk, 2017. Disponível em: <<https://www.projectsmart.co.uk/pareto-analysis-step-by-step.php>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

HOLLANDA, Lavínia. **Cadernos de Energia: Gás Natural**. Rio de Janeiro: FGV, 2014. 80 p. (2). Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10438/13850>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (France). **World: Balances for 2013**. 2017. Disponível em: <<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

JÚNIOR, Severino Domingos da Silva; COSTA, Francisco. Mensuração e escalas de verificação: uma análise comparativa das escalas de Likert e Phrase Completion. **PMKT– Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia**, v. 15, p. 1-16, 2014. Disponível em: <<http://sistema.semead.com.br/17semead/resultado/trabalhosPDF/1012.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2017.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LEITE, Antonio Dias. **A energia do Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Lexikon, 2014. 624 p.

MME, Ministério de Minas e Energia. **BOLETIM MENSAL DE ACOMPANHAMENTO DA INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL**. Brasília, DF. Ed. 118, dez. 2016. Mensal. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/publicacoes>>. Acesso em: 05 abr. 2017.

MONTEIRO, Jorge Venâncio de Freitas; SILVA, José Roberto Nunes Moreira da. **Gás natural aplicado à indústria e ao grande comércio**. São Paulo: Blucher, 2010. 182 p.

MOTA, Mayara Santos. **A importância do gás natural como fator de crescimento e desenvolvimento industrial: o caso da indústria química brasileira**. 2015. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Economia, Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <[http://www.ie.ufrj.br/images/pos-graduacao/pped/dissertacoes\\_e\\_teses/Mayara\\_Mota\\_.pdf](http://www.ie.ufrj.br/images/pos-graduacao/pped/dissertacoes_e_teses/Mayara_Mota_.pdf)>. Acesso em: 23 mai 2016

PEREIRA, Marcio Giannini. **POLÍTICAS PÚBLICAS DE ELETRIFICAÇÃO RURAL NA SUPERAÇÃO DA POBREZA ENERGÉTICA BRASILEIRA: ESTUDO DE CASO DA BACIA DO RIO ACRE – AMAZÔNIA**. 2011. 320 f. Tese (Doutorado) - Curso de Planejamento Energético, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Cap. 2. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/mpereira.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2017.

PINTO JUNIOR, Helder Queiroz *et al.* **Economia da Energia: Fundamentos Econômicos, Evolução Histórica e Organização Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 416 p.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.

ROSA, Luis Pinguelli. Visão integrada das fontes de energia. In: LA ROVERE, Emílio Lèbre; ROSA, Luis Pinguelli; RODRIGUES, Adriano Pires. **Economia e Tecnologia da Energia**. Rio de Janeiro: Marco Zero/FINEP, 1985. p. 14-38.

SANTOS, Edmilson Moutinho dos *et al.* **Gás Natural**: estratégias para uma energia nova no Brasil. São Paulo: Annablume, 2002. 352 p.

TAETS, Leandro Alexandre Ribeiro. Análise da participação do Gás Natural na matriz energética e a aplicação desse combustível no processo de Pelotização de Minério de Ferro. 2014. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2014.

USIMINAS, Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais. **Relatório Anual 2009**. Disponível em: <<http://ri.usiminas.com/ptb/relatorios-anuais-e-de-sustentabilidade>>. Acesso em: 04 abr. 2017.

VIEIRA, Petronio Lerche *et al.* **Gás natural**: Benefícios ambientais no Estado da Bahia. Salvador: Solisluna, 2005. 132 p. Disponível em: <<http://www.bahiagas.com.br>>. Acesso em: 15 fev. 2017.

## APÊNDICES

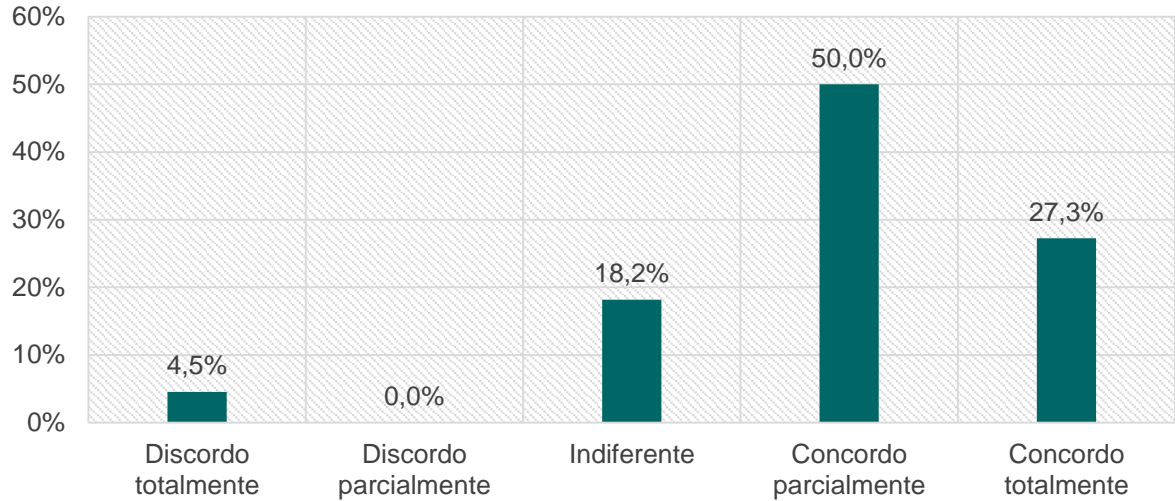
### APÊNDICE A – Roteiro do Questionário

<b>Afirmações da escala Likert</b>
1. O gás natural é utilizado em minha empresa por ser um combustível mais limpo.
2. A utilização do gás natural reduz o impacto ambiental provocado por minha empresa.
3. A utilização do gás natural reduz o custo com o tratamento de emissões (gases de exaustão, material particulado, cinzas, etc.).
4. A utilização do gás natural melhora a imagem de sustentabilidade da minha empresa perante os clientes.
5. A utilização do gás natural foi motivada por legislação ambiental ou necessidade de certificações.
6. O gás natural representa uma fonte de energia confiável e segura.
7. A utilização do gás natural aumentou a segurança nos processos produtivos.
8. O uso do gás natural eliminou a armazenagem de combustíveis no interior das instalações.
9. O uso do gás natural melhora a qualidade, produtividade e competitividade dos produtos da minha empresa.
10. O uso do gás natural diminui o custo dos processos produtivos da empresa.
11. O pagamento após o consumo do gás natural é uma característica importante para o fluxo de caixa da empresa.
12. Considero justo pagar um valor um pouco mais alto no gás natural em função das vantagens oferecidas por esse energético.
13. A diversificação da matriz energética com a introdução do gás natural foi importante para a gestão energética da empresa, pois possibilitou maiores alternativas.
14. O uso do gás natural facilita a operação e controle dos processos produtivos da empresa.
15. O uso do gás natural implica em redução direta de mão de obra nos processos produtivos.
16. O uso do gás natural aumenta o rendimento térmico e reduz o tempo de produção.
17. O uso do gás natural reduz os custos de manutenção dos equipamentos.
18. O fornecimento de gás natural é estável e contínuo, com baixíssimos índices de interrupção.

<b>Perguntas abertas</b>
1. Na sua visão, quais as principais vantagens do gás natural para a sua empresa?
2. Você percebe que há espaço para aumentar o consumo de gás natural na sua empresa por meio da substituição de outros energéticos? Quais?
3. Suponhamos que sua empresa deixará de utilizar o gás natural a partir desse momento. Qual o seu sentimento, em poucas palavras, sobre tal hipótese?

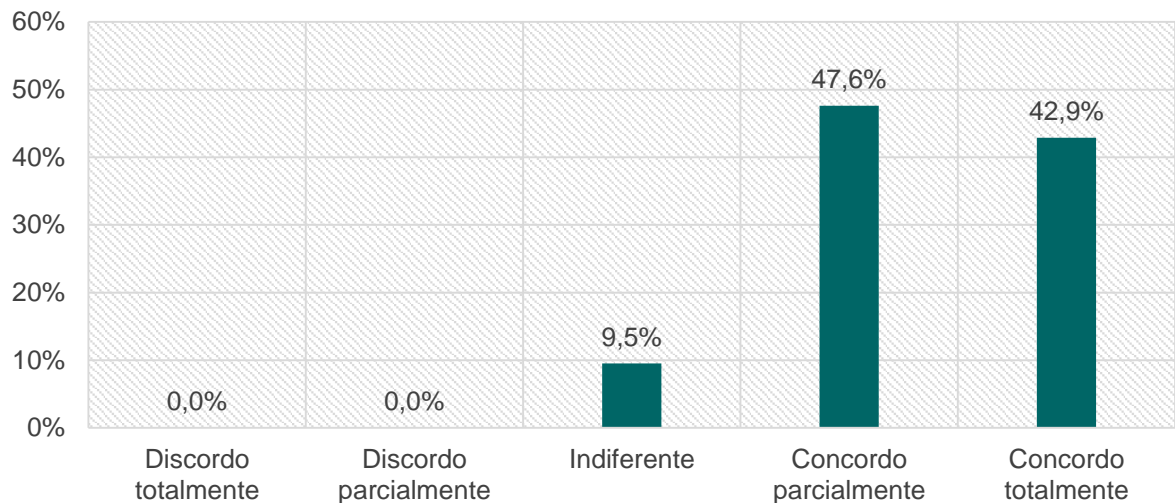
## APÊNDICE B – Gráficos das respostas não exibidos nos Resultados

**Gráfico 13 - O gás natural é utilizado em minha empresa por ser um combustível mais limpo.**



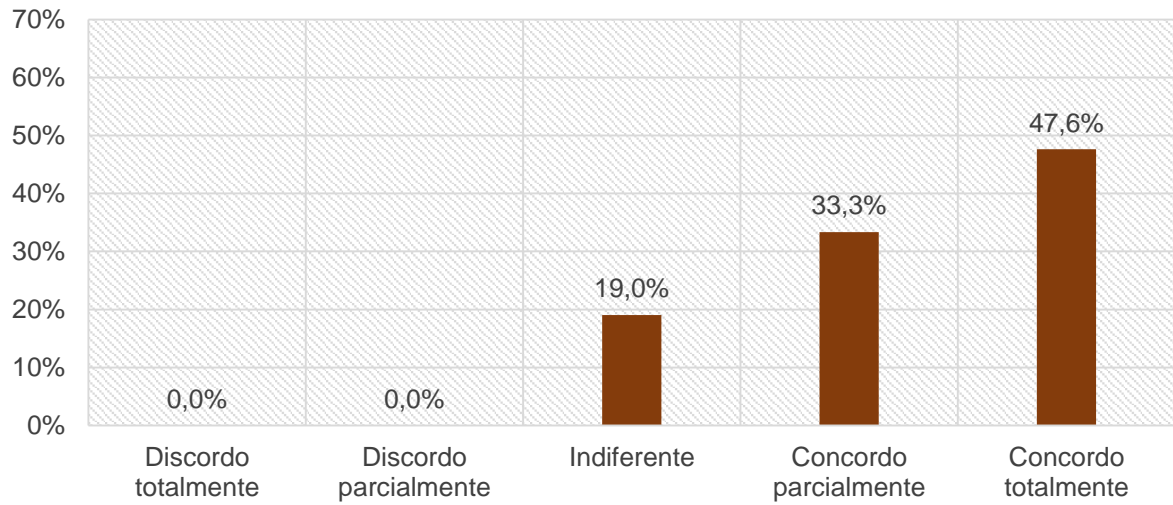
Fonte: Elaborado pelo autor

**Gráfico 14 - A utilização do gás natural reduz o custo com o tratamento de emissões (gases de exaustão, material particulado, cinzas, etc.).**



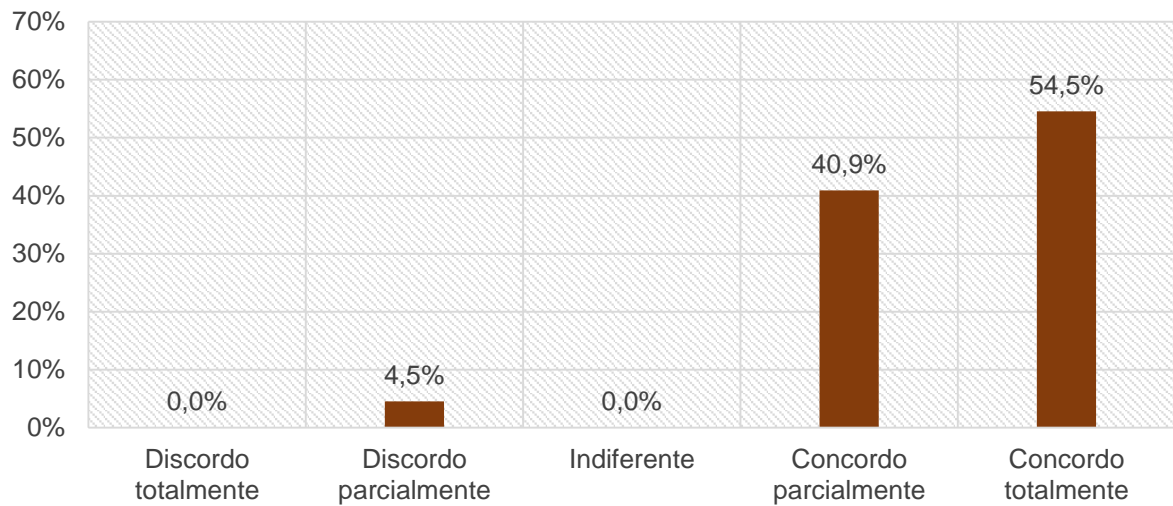
Fonte: Elaborado pelo autor

**Gráfico 15 - A utilização do gás natural aumentou a segurança nos processos produtivos.**



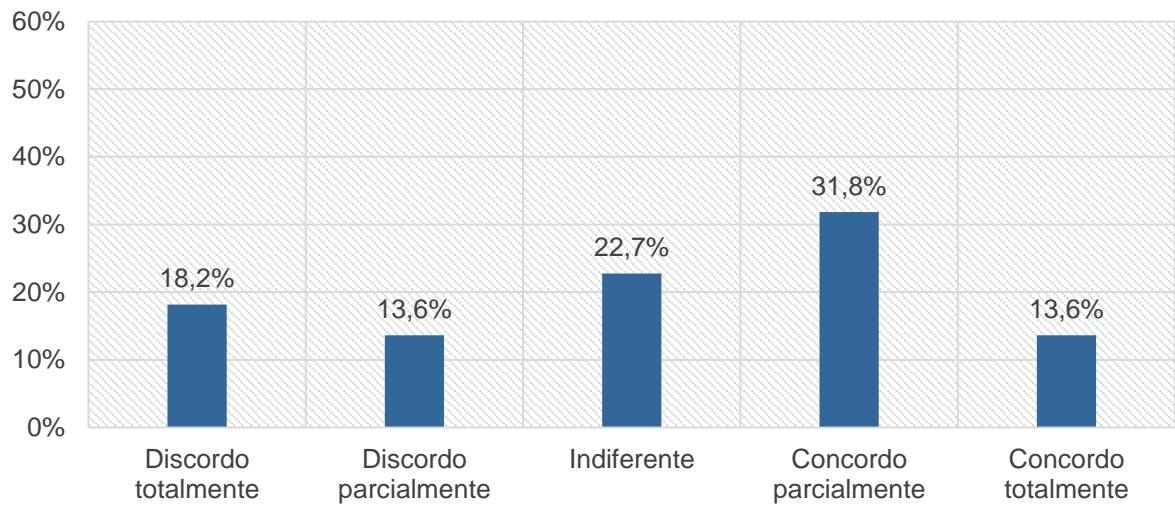
Fonte: Elaborado pelo autor

**Gráfico 16 - O uso do gás natural eliminou a armazenagem de combustíveis no interior das instalações.**



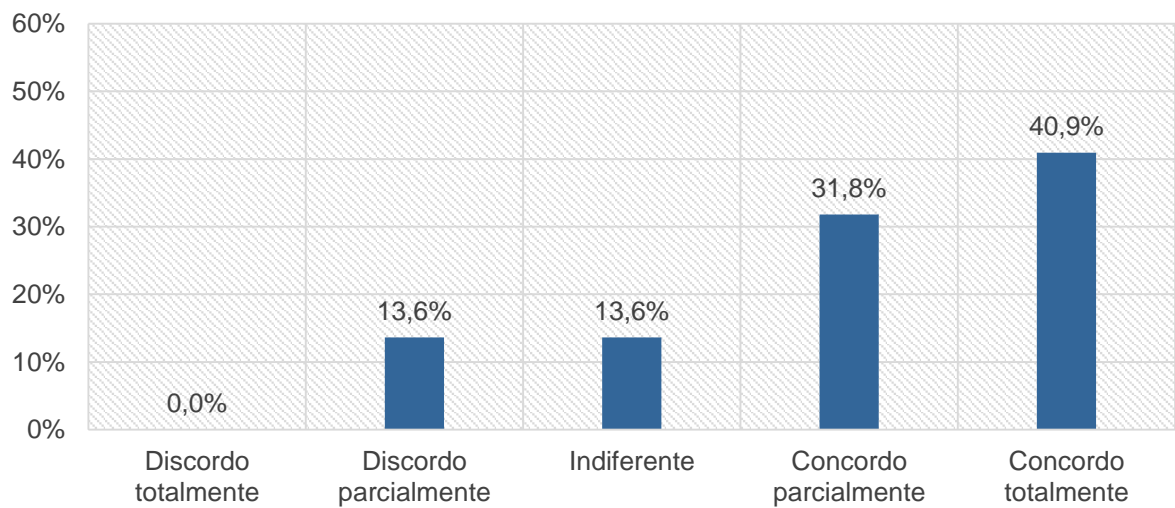
Fonte: Elaborado pelo autor

**Gráfico 17 - O uso do gás natural diminui o custo dos processos produtivos da empresa.**



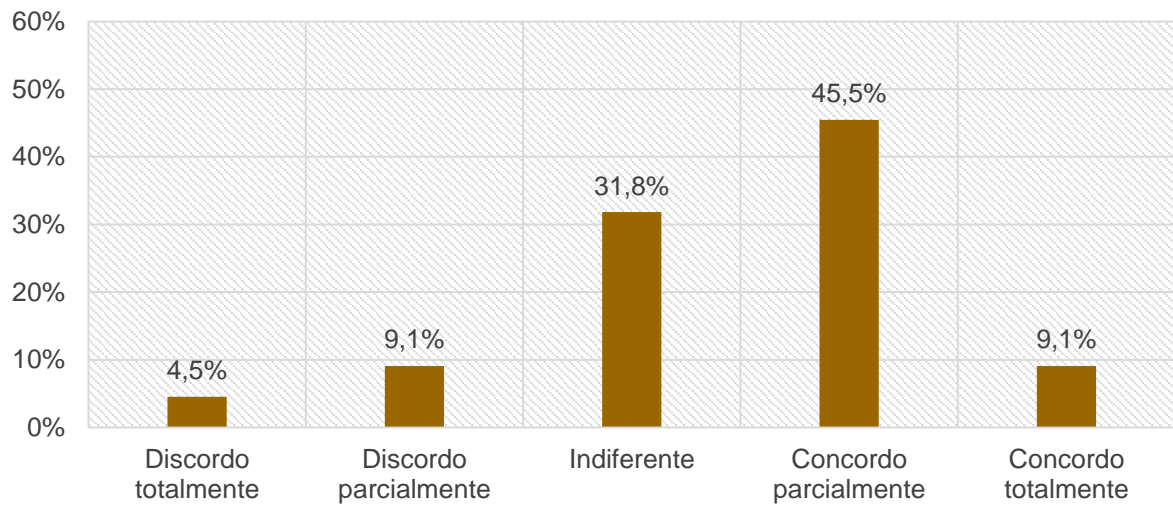
Fonte: Elaborado pelo autor

**Gráfico 18 - O pagamento após o consumo do gás natural é uma característica importante para o fluxo de caixa da empresa.**



Fonte: Elaborado pelo autor

**Gráfico 19 - O uso do gás natural implica em redução direta de mão de obra nos processos produtivos.**



Fonte: Elaborado pelo autor