

Potencial técnico, econômico e de mercado da resposta da demanda com foco no setor industrial brasileiro

Caderno 3: Análise de flexibilidade, receitas e custos, rotas de resposta da demanda (RD) e adequação aos produtos de RD



Imprint

Publisher

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Registered offices: Bonn and Eschborn, Germany

Project

German-Brazilian Energy Partnership
SCN Quadra 01, Bloco C, Sala 1501
70711-902 Brasília – DF, Brazil
Kristina Kramer
E-mail: kristina.kramer@giz.de
Stéphanie Gomes
E-mail: stephanie.gomes@giz.de
Gabriela Kaya
E-mail: gabriela.kaya@giz.de
Website: www.energypartnership.com.br
Tel.: +55 61 2101 2170

Text

PSR
Mitsidi Projetos

As at

29/11/2023

Design

Vaz Gontijo Consultoria, Brasilia

This publication is available for download only.

The contents of this publication do not necessarily express the opinion of Energy Research Office (EPE).

Energy Partnership



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



In charge of implementing the bilateral partnership



Conteúdo

Lista de figuras	5
Lista de tabelas	6
1. Introdução	8
1.1 Organização do relatório	9
2. Flexibilidade do processo produtivo	10
2.1 Resumo das características dos segmentos industriais	10
2.2 Análise de flexibilidade do processo produtivo em função dos tipos de uso final de energia maiores consumidores de eletricidade	11
2.3 Conceitos gerais da automação com relação a RD	17
2.4 Conceitos gerais sobre estocagem com relação a RD	17
3. Entrevista com indústrias	19
3.1 Empresa 1	19
3.2 Empresa 2	20
3.3 Empresa 3	21
3.4 Empresa 4	22
3.5 Empresa 5	23
3.6 Empresa 6	24
3.7 Comunicação de curta duração com outras indústrias	25
3.8 Análise dos resultados das entrevistas	25
4. Receita, custos e remuneração de Pessoal	32
4.1 Receitas e custos	32
4.2 Remuneração de pessoal	34

5.	Curva de consumo e custos com energia elétrica	35
5.1	Curvas de consumo de energia elétrica	35
5.2	Custos com energia elétrica	43
6.	Rotas de resposta da demanda	44
6.1	Definição das rotas de resposta da demanda	44
6.2	Metodologia de identificação de propensão às rotas de resposta da demanda e resultados	44
6.3	Resumo da propensão às rotas de resposta da demanda	49
7.	Adequação aos produtos de resposta da demanda	50
7.1	Metodologia de análise de adequação dos segmentos aos produtos de resposta da demanda e resultados	50
7.2	Resultados da análise de adequação dos segmentos aos produtos de resposta da demanda	51
8.	Conclusão	52
	Referências	54
	Anexo A – Roteiro da entrevista	57
	Anexo B – Resposta dos entrevistados	63

Lista de figuras

Figura 1 – Comportamento do consumo de energia elétrica sazonal, para os segmentos classificados como padrão de consumo flat	38
Figura 2 – Comportamento do consumo de energia elétrica sazonal, para os segmentos classificados como padrão de consumo perfilado	39
Figura 3 – Comportamento do consumo de energia elétrica sazonal, para os segmentos classificados como padrão de consumo afundamento	39
Figura 4 – Comportamento do consumo de energia elétrica horário, para os segmentos classificados como padrão de consumo flat	40
Figura 5 – Comportamento do consumo de energia elétrica horário, para os segmentos classificados como padrão de consumo perfilado	41
Figura 6 – Comportamento do consumo de energia elétrica horário, para os segmentos classificados como padrão de consumo afundamento	41

Lista de tabelas

Tabela 1 – Características dos segmentos industriais	10
Tabela 2 – Análise de flexibilidade do processo produtivo	12
Tabela 3 – Análise de flexibilidade do processo produtivo	13
Tabela 4 – Análise de flexibilidade do processo produtivo	14
Tabela 5 – Valores de temperatura de operação vinculadas a processos dos segmentos de alimentos e bebidas, data center e aço	16
Tabela 6 – Resumo dos resultados das entrevistas com as empresas, parte 1	27
Tabela 7 – Resumo dos resultados das entrevistas com as empresas, parte 2	27
Tabela 8 – Ações validadas para prover RD citada nas entrevistas e sua relação com os segmentos industriais sob análise	28
Tabela 9 – Ações potenciais para prover RD citada nas entrevistas e sua relação com os segmentos industriais sob análise	30
Tabela 10 – Produção anual, em 2020	32
Tabela 11 – Receita líquida de venda atrelada a atividade industrial, em 2020	33
Tabela 12 – Custos atrelados a atividade industrial, em 2020	33
Tabela 13 – Lucro por unidade de produção	34
Tabela 14 – Pessoal ocupado e remuneração, em 2020	34
Tabela 15 – Descrição dos segmentos analisados em função da curva de consumo de energia elétrica	36
Tabela 16 – Definição qualitativa dos padrões de consumo	37
Tabela 17 – Resumo dos perfis e padrões de consumo para cada segmento e atribuição do grau de flexibilidade	42
Tabela 18 – Custo com aquisição de energia elétrica utilizada na produção e seu peso em relação aos custos direto com produção	43
Tabela 19 – Análise qualitativa da propensão dos segmentos às rotas de RD interrupção da produção	45
Tabela 20 – Análise qualitativa da propensão dos segmentos às rotas de RD deslocamento temporal da produção	46
Tabela 21 – Análise qualitativa da propensão dos segmentos a rota de RD inércia térmica	47

Tabela 22 – Análise qualitativa da propensão dos segmentos a rota de RD geração própria	48
Tabela 23 – Resumo do resultado de propensão as rotas de RD	49
Tabela 24 – Análise qualitativa de adequação dos segmentos aos produtos propostos de resposta da demanda	51
Tabela 25 – Resposta dos entrevistados	63

1. Introdução

Ao longo dos últimos anos, o Sistema Elétrico Brasileiro tem experienciado mudanças no padrão de consumo, decorrentes de uma maior eletrificação da economia, diferentes perfis de consumo industrial e maior uso de eletrodomésticos. Além das mudanças do perfil do lado da demanda, também se verifica forte alteração dos perfis de geração do sistema devido ao aumento significativo na participação das chamadas “fontes de produção variáveis” na matriz elétrica. Este crescimento foi causado por fatores como a forte queda de custos de implantação de usinas solares e eólicas, surgimento de novos modelos de negócios nos mercados cativo e livre, redução de prazos de construção e uma menor complexidade no licenciamento ambiental.

Por outro lado, a construção de novas usinas hidrelétricas (UHEs), fonte de uma energia renovável altamente flexível e que pode ser armazenada nos reservatórios, vem se mostrando um grande desafio por preocupações relativas aos seus impactos econômicos e socioambientais.

Esta combinação de perfis de produção e consumo muito variáveis vêm exigindo recursos capazes de prover flexibilidade operativa ao sistema para assegurar uma boa adequabilidade e confiabilidade de suprimento de energia. Fenômenos macro climáticos adversos também demandam esta flexibilidade, uma vez que secas severas podem demandar o acionamento de recursos que ora não seriam necessários em hidrologias normais.

Neste contexto, a resposta pela demanda é um mecanismo bastante conhecido e amplamente utilizado para balancear a oferta e a demanda em sistemas elétricos através da redução ou deslocamento do consumo de energia em momentos críticos.

No entanto, apesar da existência de estruturas regulatórias conhecidas e disponibilidade tecnológica para aplicação do mecanismo, uma possível barreira de entrada para este é o custo envolvido na redução de consumo e o efetivo potencial de redução das atividades eletrointensivas que poderiam participar do eventual mecanismo (geralmente atividades ligadas ao setor industrial). Por exemplo, os custos para um consumidor reduzir seu consumo por 3 horas ao dia por 6 dias são diferentes daqueles para se reduzir x% de seu consumo durante 3 dias. Portanto, a implementação de novos tipos de produto no mercado deve levar em consideração os investimentos envolvidos para cada aplicação seja no curto, médio ou longo prazo, ou seja, há necessidade de regulamentação adequada e estável e que leva em consideração o contexto das atividades industriais de cada sistema.

No Brasil, a implantação deste mecanismo foi primeiramente proposta em 2017, através de um projeto piloto para que fosse avaliada a inserção de resposta da demanda por “clientes despacháveis” no Sistema Elétrico Brasileiro. Este projeto teve início em 2018, mas, por uma série de questões na sua implementação, não obteve grande adesão por parte dos consumidores.

Mais tarde, em 2021, para combater a escassez energética vivida pelo país, foi implantando o programa de Redução Voluntária da Demanda. Já em 2022, a ANEEL abriu a Consulta Pública nº 80 visando a evolução do programa piloto para um programa estrutural. Com base no sucesso do programa RVD, a nova regulamentação estrutural se deu em agosto de 2022, instituindo produtos de resposta da demanda.

Logo, a fim de contribuir para o processo de modernização do Sistema Elétrico Brasileiro, no âmbito da “Parceria Energética Brasil-Alemanha”, a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH, em conjunto com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), contrataram a PSR e a MITSIDI para o desenvolvimento do estudo “Potencial técnico, econômico e de mercado da resposta da demanda com foco no setor industrial brasileiro”. Este estudo será composto por sete cadernos:

- **Caderno 1:** Análise de experiências internacionais de resposta da demanda;
- **Caderno 2:** Produtos de resposta da demanda aplicáveis a industriais energo-intensivos;
- **Caderno 3:** Análise de flexibilidade, receitas e custos, rotas de resposta da demanda (RD) e adequação aos produtos de RD;
- **Caderno 4:** Necessidade de resposta da demanda para o sistema no futuro;
- **Caderno 5:** Metodologia para análise de potencial industrial;
- **Caderno 6:** Possíveis barreiras à resposta da demanda no Brasil;
- **Caderno 7:** Relatório final.

Os estudos e análises realizados em cada caderno, em conjunto, têm como objetivo fornecer uma visão holística sobre os mecanismos de resposta da demanda, sua adequabilidade de aplicação no contexto brasileiro, e o potencial de adesão do mercado a estes.

O presente relatório se relaciona ao Caderno 3.

Até aqui já se apresentou a definição e proposição de modelagem de produtos de reposta da demanda e uma análise dos segmentos industriais objeto de estudo do trabalho. Recordar-se que os segmentos sob análise são: aço, alumínio, alimentos e bebidas, cloro, cimento, data centers, saneamento e papel. Essa análise contemplou os assuntos: visão geral dos setores, características do processo produtivo e uso da eletricidade em cada uma de suas etapas.

Os resultados obtidos nas etapas prévias deste estudo serviram de insumo para fase exposta nesse relatório, que foca na avaliação dos processos produtivos das indústrias selecionadas e nas possíveis ações de flexibilidade que poderiam implicar em prover a Resposta da Demanda (RD) pelas indústrias, e seus respectivos custos.

Inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica para averiguar os aspectos relacionados às flexibilidades dos processos produtivos. Em seguida, realizou-se entrevistas com diversas indústrias do país com intuito de obter informações práticas sobre a percepção destas à resposta da demanda. Neste estágio do projeto, busca-se analisar também valores de receitas e custos associados a cada segmento, tendo em vista que tais valores seriam insumos para os cálculos de custos e remuneração da resposta da demanda, principalmente atrelado a eventuais paradas de produção.

Ainda no que tange os custos, estuda-se a representatividade dos custos com energia elétrica em relação aos custos totais do setor, devido a relação da resposta da demanda com o setor de gestão de energia das empresas. Além disso, neste documento, realiza-se uma análise das curvas de carga dos segmentos industriais, com o intuito de obter maiores insights sobre a percepção da flexibilidade dos processos produtivos.

No sentido de consolidar as informações sobre ações de flexibilidade para prover a resposta da demanda, é proposto neste documento rotas de resposta da demanda e mostrado uma análise de como cada segmento estaria propenso a cada uma das rotas. Por fim, propõe-se uma metodologia e apresenta-se os resultados de uma análise qualitativa do quanto cada segmento se adequaria aos produtos de resposta da demanda.

1.1 Organização do relatório

Este relatório conta com oito capítulos. O primeiro deles se refere à esta introdução. O segundo contextualiza os diferentes segmentos industriais quanto ao seu potencial de flexibilização operativa, dissertando sobre os processos que empregam. Esta contextualização é gradativamente complementada pelos capítulos três, quatro e cinco. No terceiro capítulo são apresentados resultados de entrevistas realizada com empresas dos diversos segmentos industriais estudados, com foco na flexibilidade de seus processos e disposição em ofertar serviços de resposta da demanda. Já nos capítulos quarto e quinto são analisados os custos relacionados aos processos em si e ao consumo de energia respectivamente.

O capítulo sexto muda o foco da discussão para as abordagens que podem ser adotadas pelas empresas para serem capazes de atender a resposta da demanda, e o sétimo capítulo foca na adequabilidade dos produtos canônicos determinados no relatório anterior, às indústrias estudadas.

Por fim, o capítulo oitavo traz uma conclusão com as principais lições aprendidas. Encerrando o documento, apresentam-se as referências do estudo e os anexos A e B.

2. Flexibilidade do processo produtivo

De maneira geral podemos dizer que o potencial de prestação do serviço de resposta da demanda está ligado ao nível de flexibilidade da operação de determinada indústria e os custos relacionados à esta flexibilização.

Dessa forma, neste capítulo serão avaliados os principais processos produtivos das indústrias alvo deste estudo para determinação de seu nível de flexibilidade. Nas próximas seções apresenta-se um resumo da caracterização dos segmentos industriais, incluindo suas subdivisões, níveis de uso de energia envolvidos, e processos produtivos vinculados. Adicionalmente, são detalhados os traços de flexibilidade dos processos em função dos usos finais de energia: força motriz, eletroquímico, refrigeração e aquecimento direto.

2.1 Resumo das características dos segmentos industriais

No caderno 2 deste estudo, foram apresentadas algumas das características dos segmentos industriais no que diz respeito à adequabilidade ao atendimento de um produto de resposta da demanda. Estas características são resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos segmentos industriais (Elaboração própria a partir de [1] - [9]).

Segmento (Macro)	Segmento (subdivisão)	Uso final maior consumidor de eletricidade	Principal processo	Participação do no consumo de eletricidade (%)	Uso final segundo maior consumidor de eletricidade (se relevante)	2º Principal processo	Participação do no consumo de eletricidade (%)
Aço	Aço-Integrado	Força Motriz	Laminação	99,5%			
Saneamento	Abastecimento de Água	Força Motriz	Bombeamento	86,0%			
Alimentos e Bebidas	Alimentos não-refrigerados (grãos, óleos etc.)	Força Motriz	Moagem, quebra, extrusão	92,0%			
Alumínio	Alumínio-transformação	Força Motriz	Laminação	99,5%			
Papel	Papel	Força Motriz	Formação da folha	98,9%			
Cimento	Cimento	Força Motriz	Moagem	72,0%			
Alumínio	Alumínio-primário	Eletroquímico	Eletrólise	95,3%			
Cloro	Cloro	Eletroquímico	Eletrólise	85,7%			
Alimentos e Bebidas	Alimentos refrigerados (carne, bebidas, laticínios)	Refrigeração	Refrigeração	47,2%	Força Motriz	Serviços auxiliares (bombeamento, ar comprimido etc.)	47,2%
Data center	Data center	Refrigeração	Refrigeração	31,0%	Equipamentos TI	Equipamentos TI	63,0%
Aço	Aço-semi-integrado	Aquecimento Direto	Aciaria Elétrica	68,4%	Força Motriz	Laminação	31,1%

Nesta tabela, são apresentados os segmentos industriais e quando necessário a subdivisão deles, identificando também o uso final maior consumidor de eletricidade (tipo de uso de energia predominante no processo), a etapa do processo produtivo vinculada a ele e a participação percentual em relação ao consumo de eletricidade total. Quando relevante expõe-se o segundo **uso final maior consumidor de energia elétrica**, o processo e participação no consumo de eletricidade total.

A subdivisão dos segmentos ocorre para o aço, alimentos e bebidas e alumínio, com sua aplicação realizada devido ao fato de, apesar de pertencerem aos mesmos setores, o uso final de energia maior consumidor de eletricidade é diferente.

2.2 Análise de flexibilidade do processo produtivo em função dos tipos de uso final de energia maiores consumidores de eletricidade

No contexto da resposta da demanda, busca-se identificar ações que propiciam a flexibilidade do processo produtivo, caracterizadas principalmente pela interrupção total ou parcial do processo, deslocamento temporal da produção, uso da inércia térmica ou o uso da geração própria de eletricidade. Nas tabelas dos tópicos subsequentes, apresenta-se as características dos processos produtivos em função do uso final de energia maior consumidor de eletricidade, com intuito principal de mapear ações de flexibilidade e o tipo de flexibilidade. As informações coletadas são provenientes tanto de pesquisa bibliográfica quanto da percepção dos autores do relatório.

2.2.1 Força motriz

Na Tabela 2 é apresentada a análise qualitativa da flexibilidade do processo produtivo para o uso final de energia força motriz. Verifica-se que o emprego da força motriz como maior consumidor de eletricidade contempla os seguintes segmentos e suas subdivisões: alimentos não-refrigerados, abastecimento de água, alumínio transformado, aço-rota-integrada e papel.

Para a subdivisão alimentos não-refrigerados, verifica-se que os equipamentos que compõem os processos são aqueles acionados por motores elétricos. De modo geral, as ações específicas que possibilitariam prover a reposta da demanda consistem em realizar o deslocamento, redução ou parada da operação daquele equipamento e, conseqüentemente, da produção. Nos casos em que os motores acionam equipamentos auxiliares, como um

Neste contexto, nota-se que é possível dividir os segmentos e suas subdivisões em quatro grandes grupos, em função do uso final de energia maior consumidor de eletricidade, os quais são: (i) força motriz, (ii) eletroquímico, (iii) refrigeração e (iv) aquecimento direto. Os grupos podem ser identificados na No caderno 2 deste estudo, foram apresentadas algumas das características dos segmentos industriais no que diz respeito à adequabilidade ao atendimento de um produto de resposta da demanda. Estas características são resumidas na Tabela 1 pela escala de cores. Essa divisão em grupos norteou as análises de flexibilidade do processo produtivo para prestação do serviço da resposta da demanda, conforme apresentado nos tópicos a seguir.

compressor de ar comprimido ou exaustores, outro tipo de ação seria reduzir a oferta desse insumo, por exemplo em períodos de baixo consumo. Destaca-se também a possibilidade de locação de gerador para atender a demanda por eletricidade da indústria sem dependência da rede elétrica.

No caso do subsegmento de abastecimento de água, a ação específica que possibilitaria prover a reposta da demanda consiste na otimização do uso de reservatórios de água, o que implicaria em reduzir a necessidade de bombeamento em determinado período. Enquanto para as indústrias de transformação do alumínio, a ação específica que possibilitaria prover a reposta da demanda consiste na parada temporária dos laminadores em horários de pico, por meio de planejamento otimizado da escala de produção. O planejamento adequado pode reduzir os riscos à interrupção da produção [10].

Nas empresas de papel, em relação aos equipamentos acionados por motores elétricos, *pulpers*, hidro ciclones, bombas, rolos e prensas, as ações específicas que possibilitariam prover a reposta da demanda consistem, em modo geral, em realizar o deslocamento ou redução da operação daquele equipamento e, conseqüentemente, da produção. Nos casos em que os motores acionam equipamentos auxiliares, a ação seria reduzir a oferta do insumo. Há também a opção de replanejamento das paradas programadas de forma que elas atendam os programas de resposta da demanda.

Tabela 2 – Análise de flexibilidade do processo produtivo (Elaboração própria a partir de [4], [5], [8], [10], [11], [12] e [13]).

Segmento (Macro)	Segmento (subdivisão)	Processo	Equipamento	Potência	Ações de flexibilidade	Tipo flexibilidade
Alimentos e Bebidas	Alimentos-não refrigerados (grãos, óleos etc.)	Moagem Quebra Extrusão Trituração Serviço auxiliares	Moinhos Extrusora Misturadores Trituradoras Conjunto motor-bomba Compressores de ar Exaustores	50 cv a 650 cv	Trocar o período de uso do equipamento	Deslocamento temporal da produção
					Redução da Produção em determinado período	Interrupção da Produção
					Redução da pressão dos compressores de Ar pontualmente	Interrupção da Produção ou deslocamento temporal da produção
					Locação de gerador	Geração própria
Saneamento	Abastecimento de água	Bombeamento de água	Conjunto motor-bomba	10 cv a 125 cv	Operação otimizada do volume de reservatórios. Se dá quando é possível garantir que o reservatório esteja cheio no início de determinado horário e com volume seguro ao final desse período.	Deslocamento temporal da produção
Alumínio	Alumínio-transformação	Laminação	Laminadores	5 cv a 100 cv	Redução da produção de laminados em horários de pico	Interrupção da Produção ou deslocamento temporal da produção
Aço	Aço-Integrado	Laminação	Laminadores	5 cv a 100 cv	Redução da produção de laminados em horários de pico	Interrupção da produção
					Reagendamento das paradas programadas para manutenção para atender à RD	Deslocamento temporal da produção
Papel	Papel	Formação da folha	Motores elétrico sacionando pulpers, hidrociclones,bombas, rolos e prensas	5 cv - 100 cv	Durante o período em que não há massa para a fabricação de papel, é possível interromper o funcionamento sem prejuízo da produção.	Deslocamento temporal da produção
					De modo geral algumas máquinas podem ser paralisadas de forma programada para atender aos programas de resposta a demanda	Interrupção da produção
					Reagendamento das paradas programadas para manutenção para atender à RD	Deslocamento temporal da produção
Cimento	Cimento	Moagem	Motores Elétricos para acionamento dos moinhos	1600 – 5400 kW	Como não há necessidade de uso contínuo dos moinhos e dos motores responsáveis pelo funcionamento desses moinhos, a interrupção programada ou redução de uso apresenta-se como uma alternativa viável.	Deslocamento temporal da produção
					Outra ação possível está ligada a redução do uso devido à redução de matéria prima ou estocagem do produto por diminuição das vendas.	Interrupção da produção
					Reagendamento das paradas programadas para manutenção para atender à RD	Deslocamentotemporal da produção
					Cogeração com calor do processo	Geração própria

No caso do segmento de cimento, como não há necessidade de uso contínuo dos moinhos e dos motores responsáveis pelo funcionamento desses moinhos, a interrupção programada ou redução de uso apresenta-se como uma alternativa viável. Outra ação possível está ligada a redução do uso devido à redução de matéria prima ou estocagem do produto por diminuição das vendas [11]. Há também a opção de replanejamento das paradas programadas de forma que elas atendam os programas de resposta da demanda. Além disso, considera-se a possibilidade de geração própria por meio da cogeração, utilizando como combustível o calor gerado no processo de fabricação do clínquer.

Para as usinas de produção de aço integradas, onde o processo de laminação é o principal consumidor de eletricidade, a ação específica que possibilitaria prover a reposta da demanda consiste na parada temporária dos laminadores em horários de pico, por meio de planejamento otimizado da escala de produção. O planejamento adequado pode reduzir os riscos causados pela interrupção da produção [12].

2.2.2 Eletroquímico

Na Tabela 3 é apresentada a análise qualitativa da flexibilidade do processo produtivo para o uso final de energia eletroquímico. Verifica-se que o emprego da eletroquímica como maior consumidor de eletricidade contempla os seguintes segmentos e suas subdivisões: produção de alumínio primário e cloro.

Para a produção do alumínio primário, a redução do consumo de energia pode ser feita por meio do controle independente dos alimentadores de alumina, diminuindo a batelada nas cubas eletrolíticas, e controle da corrente e tensão elétrica. Esse procedimento deve acontecer em sintonia com a linha de fornos da planta [14]. Também pode-se realizar o desligamento temporário das cubas eletrolíticas por períodos reduzidos. O desligamento pode ser previsto e programado com base em monitoramento contínuo da demanda de energia elétrica e desempenhado com antecedência [15].

No caso das indústrias de cloro, a ação específica que possibilitaria prover a reposta da demanda consiste na utilização do hidrogênio, subproduto desse processo, para produção de energia elétrica [16]. Contudo, considera-se esse tipo de tecnologia bastante incipiente. Além disso, supõe-se que a produção pode ser interrompida total ou parcialmente, uma vez que o fator de utilização das plantas de produção de cloro no país é de 53% [18]. A interrupção parcial da produção se dá pela redução da batelada de salmoura, e conseqüente redução na corrente elétrica necessária para a eletrólise.

Tabela 3 – Análise de flexibilidade do processo produtivo (Elaboração própria a partir de [7], [14], [15], [16] e [17]).

Segmento (Macro)	Segmento (subdivisão)	Processo	Equipamento	Potência	Ações de flexibilidade	Tipo flexibilidade
Alumínio	Alumínio-primário	Eletrólise	Cubas eletrolíticas	530 kW	Eletrólise de menores quantidades de alumina	Deslocamento temporal da produção
					Desligamento completo das cubas eletrolíticas	Interrupção da Produção
					Reagendamento das paradas programadas para manutenção para atender à RD	Deslocamento temporal da produção
Cloro	Cloro	Eletrólise	Eletrolizador	15 kW	Eletrólise de menores quantidades de salmoura	Interrupção da Produção
					Uso de hidrogênio para produção de energia elétrica	Geração própria
					Reagendamento das paradas programadas para manutenção para atender à RD	Deslocamento temporal da produção

2.2.3 Refrigeração e aquecimento direto

Na Tabela 4 é apresentada a análise qualitativa da flexibilidade do processo produtivo para o uso final de energia refrigeração e aquecimento. Verifica-se que, neste caso, as subdivisões dos segmentos contemplados são: alimentos refrigerados, data center e aço semi-integrado.

Para o setor de alimentos, no que tange o processo de refrigeração, as medidas de flexibilidade estão associadas a modulação da pressão de sucção da câmara fria, interrupção do processo de resfriamento por determinado período e aumento do set point de temperatura em determinado período. Essas medidas são classificadas com os tipos de flexibilidade “inércia térmica” [19].

Destaca-se também a possibilidade de locação de geradores para atender a demanda por eletricidade da indústria, esta prática está associada a indústrias de pequeno porte.

No segmento de data centers, as ações específicas que possibilitariam prover a reposta da demanda consistem em aumentar o set point de temperatura e umidade, bem como em desligar os equipamentos redundantes em determinado período, o que está diretamente vinculado ao uso da inércia térmica. Há também possibilidade de existência de gerador de eletricidade local para abastecer a demanda do empreendimento em momentos de falta de energia, que poderiam ser empregados para prover a reposta da demanda.

Tabela 4 – Análise de flexibilidade do processo produtivo (Elaboração própria a partir de [2], [4], [8], [12] e [19]).

Segmento (Macro)	Segmento (subdivisão)	Processo	Equipamento	Potência	Ações de flexibilidade	Tipo flexibilidade
Alimentos e Bebidas	Alimentos-refrigerados (carne, bebidas, laticínios)	Refrigeração	Condensadores e compressores do sistema de refrigeração	220 kW a 1325 kW	Modulação da pressão de sucção da câmara fria	Inércia térmica
					Interrupção do processo de resfriamento por determinado período	Inércia térmica
					Aumento do set point de temperatura em determinado período	Inércia térmica
					Locação de gerador	Geração própria
Data centers	Data centers	Climatização	Ar-Condicionado: CRAH	35 a 105 kW	Ajuste do set point de temperatura e umidade	Inércia térmica
			(Computer Room Air Handling) (Opera com chillers)		Desligar equipamentos redundantes dos CRAH (chillers, bombas) e CRAC	Inércia térmica
			CRAC (Computer Room Air Conditioner)		Existência de gerador próprio para atender a demanda do empreendimento	Geração própria
Aço	Aço-semi-integrado	Aciaria Elétrica	Forno elétrico de corrente contínua		Regular a desconexão de equipamentos como Fornos elétricos.	Interrupção da Produção ou Deslocamento temporal da produção
					Modelos de escalonamento baseados em restrições de fabricação devido atécnicas do mercado	Interrupção da Produção ou Deslocamento temporal da produção
					Reagendamento das paradas programadas para manutenção para atender à RD	Deslocamento temporal da produção

As medidas de controle adotadas para o processo de aciaria elétricas, necessárias para auxiliar iniciativas de resposta da demanda, consistem em regular a desconexão de equipamentos como fornos elétricos. Por outro lado, modelos de escalonamento baseados em restrições de fabricação, devido a questões técnicas do mercado, são usados para reduzir o consumo desde o dia anterior [12]. Destaca-se também a possibilidade de reagendamento das paradas programadas para manutenção para atender à resposta da demanda.

2.2.3.1 Informações associadas ao controle de temperatura

Tendo em vista a inércia térmica como uma classificação de tipos de flexibilidade para prover a resposta da demanda, entende-se que é necessário especificar valores de temperatura de operação para os processos particulares aos subsegmentos das indústrias de alimentos e bebidas, data center e aço semi-integrado. Esses valores de operação vinculados à temperatura são insumos para o cálculo quantitativo de potencial da resposta da demanda, o qual será detalhado na próxima etapa desse projeto.

As informações sobre valores de temperatura de operação desses processos são apresentadas na Tabela 5, em que se apresenta a etapa do processo que foi mapeada e valores de temperatura de operação mínimo e máximo ou médio, em graus celsius (°C).

No caso do setor de alimentos e bebidas, priorizou-se coletar dados dos subsegmentos: laticínios, abates de animais e produção de carnes e produção de cerveja, os quais são os mais relevantes no quesito refrigeração dentro do setor.

De acordo com a Sociedade Americana de Engenheiros de Climatização (ASHRAE) [2], a temperatura na entrada de ar dos equipamentos críticos de TI deve estar entre 18 °C e 27 °C, com uma umidade relativa do ar de 60%. A saída de ar quente desses equipamentos (após a refrigeração) deve estar a uma temperatura aproximada de 38° C, com umidade relativa do ar em torno de 20%. Para que a temperatura da sala de computadores na entrada dos servidores opere dentro da faixa recomendada, as unidades de climatização são configuradas para entregar ar frio entre 20° C e 25° C, com uma taxa de troca de calor de 5° C por hora.

Os fornos elétricos à arco que compõem as aciarias elétricas são controlados por corrente e tensão. O arco chega a temperaturas acima de 5.000° C localmente e consiste na principal fonte de calor para fundir o aço [24] .

Tabela 5 – Valores de temperatura de operação vinculadas a processos dos segmentos de alimentos e bebidas, data center e aço (Elaboração própria a partir de [2], [20], [21], [22], [23] e [24]).

Subsegmento	Produto	Processo	Temperatura °C		
			Mínimo	Médio	Máximo
Laticínios	Leite	Resfriamento após recepção	4		5
Laticínios	Queijo	Banho Salmoura	7		10
Laticínios	Queijo	Prensagem	7		10
Laticínios	Queijo	Embalagem	4		5
Laticínios	Requeijão cremoso	Preparação da massa		5	
Laticínios	logurte	Resfriamento		10	
Laticínios	logurte	Armazenamento	4		5
Abate Animais	Bovino	Refrigeração de carcaças	-4		0
Abate Animais	Proteína Animal	Conservação dos Ossos, Carcaças e Partes de Carcaças			10
Abate Animais	Proteína Animal	Conservação dos Ossos, Carcaças e Partes de Carcaças			4
Abate Animais	Proteína Animal	Conservação dos Ossos, Carcaças e Partes de Carcaças			0
Abate Animais	Proteína Animal	Processo de Separação Mecânica			10
Abate Animais	Proteína Animal	Conservação da Carne Mecanicamente Separada			4
Abate Animais	Proteína Animal	Conservação da Carne Mecanicamente Separada			0
Abate Animais	Proteína Animal	Conservação da Carne Mecanicamente Separada			-18
Bebidas	Cerveja	Resfriamento do mosto	6		12
Bebidas	Cerveja	Fermentação	10		15
Bebidas	Cerveja	Maturação	-2		0
Bebidas	Cerveja	Pasteurização	4		
Data Center	Data Center	Climatização	20		25
Aço	Aciaria Elétrica			5000	

2.3 Conceitos gerais da automação com relação a RD

Uma vez que, para prover a ação de resposta da demanda necessita-se executar algum tipo de alteração nas condições de operação do processo industrial, é fundamental que essa modificação seja feita de forma que a possibilidade de erro seja minimizada. Logo, o alto grau de automação dos processos industriais pode ser uma característica que implica em uma indústria estar mais apta a prover a resposta da demanda, principalmente devido ao fato dessa característica acarretar aumento da capacidade de se controlar determinado processo.

De modo geral, uma vez que a resposta da demanda está diretamente relacionada às grandezas energia e potência elétrica, entende-se que possuir um sistema de gestão de energia, contendo aquisição de dados e sistema supervisor, seria uma medida de automação bastante pertinente. Com esse tipo de sistema seria possível obter detalhes, até mesmo em tempo real, de consumo de determinadas etapas do processo e equipamento, o que possibilitaria maior assertividade na entrega do montante de resposta da demanda. Outro importante componente dos sistemas de automação para auxiliar na resposta da demanda é o controle e acionamento remoto dos equipamentos, que permite que a parada de máquinas ou até mesmo a entrada de um sistema de geração própria de eletricidade seja realizado de forma rápida e segura.

No que tange o uso final de energia força motriz, a medida de automação de destaque é a utilização de inversores de frequência para acionamento dos motores elétricos. Esses equipamentos permitem o controle customizado da velocidade e conseqüente demanda de eletricidade das máquinas elétricas rotativas, além de permitirem otimizar a partida e parada dos motores.

Processos caracterizados pelo uso final de energia refrigeração e aquecimento direto possuem grande apelo para um controle detalhado de variáveis como temperatura, pressão e umidade. Para tanto, é fundamental o emprego de sensores e sistemas supervisor que apresentem os valores em tempo real dessas variáveis, além do controle automático das grandezas em função dos sets points.

Já nos casos dos usos finais de energia eletroquímicos, atrelados ao processo de eletrólise, nos quais há grande intensidade de corrente elétrica, as medidas de automação são o sensoriamento e controle das grandezas elétricas corrente e tensão. Além da automação da etapa de alimentação dos equipamentos com as matérias primas.

Portanto, entende-se que existem medidas de automação mais genéricas que auxiliariam em aumentar a eficácia da resposta da demanda, como os sistemas de gestão de energia e acionamento remoto de equipamentos. Além de medidas que seriam particulares de cada tipo de processo, associado ao uso final de energia maior consumidor de eletricidade.

2.4 Conceitos gerais sobre estocagem com relação a RD

No contexto da resposta da demanda, no qual propõe-se medidas de flexibilidade do processo produtivo atreladas a parada e deslocamento da produção, entende-se que é necessário avaliar o conceito da estocagem de matéria prima e do produto. Discorre-se, neste tópico, sobre o conceito de estocagem nos segmentos industriais foco de análise nesse trabalho.

Alimentos e bebidas:

Na indústria de alimentos e bebidas, a estocagem ou armazenamento consiste na manutenção de insumos, produtos e ingredientes em um ambiente que proteja sua integridade e qualidade. A forma de armazenamento empregada é sob congelamento, sob refrigeração e a temperatura ambiente, variando de acordo com o tipo de alimento, que pode ser: perecível, semi-perecível e não perecível [25][26].

Os alimentos perecíveis são aqueles que se alteram rapidamente se não forem submetidas a processos de conservação, geralmente requerem baixas temperaturas de estocagem para melhor estabilidade, por exemplo: leite, carnes frescas, frutas e hortaliças. Os semi-perecíveis tem sua estabilidade aumentada para o período de 30 a 90 dias, em decorrência de técnicas aplicadas em seu processamento, como produtos carnes defumados e queijos curados. Por fim, os não perecíveis podem ser estocados a temperatura ambiente por um longo período, é o caso dos cereais, grãos, produtos desidratados e produtos enlatados [26].

No armazenamento sob congelamento, os alimentos são armazenados a temperatura igual ou inferior a 0°C. Já no armazenamento sob refrigeração, utiliza-se temperaturas um pouco acima do ponto de congelamento. Nesta etapa, os alimentos são armazenados em temperaturas entre 0° e 10° C, de acordo com as recomendações dos fabricantes. O armazenamento à temperatura ambiente é ideal para alimentos que não necessitam de condições especiais de temperatura para estocagem [25].

Saneamento:

Para o segmento do saneamento, mais especificamente sobre o abastecimento de água, no âmbito da estocagem de matéria prima (água bruta captada) e/ou produto (água tratada), entende-se que tal ação é tratada dentro da medida de flexibilidade operativa explanada anteriormente, uma vez que a otimização do armazenamento de água em tanques consiste justamente de uma atividade de estocagem.

Alumínio:

No caso da produção do alumínio primário, é inviável estocar a alumina líquida presente nas cubas eletrolíticas, logo é necessário o estoque do produto. Já no caso do alumínio processado, faz sentido o armazenamento tanto da matéria prima quanto do produto. Destaca-se que o alumínio é um metal frágil e, portanto, necessita de cuidados especiais, como: evitar o contato com outros metais, armazenar os perfis em locais secos, armazenar sempre que possível na vertical e, no caso do armazenamento na horizontal, não fazer pilhas muito altas [27].

Cloro:

A redução dos impactos no planejamento da produção, causados pela necessidade de reduzir ou interromper o processo produtivo para prover a resposta da demanda, podem ser amenizadas com o armazenamento do cloro. Armazenar o produto em tanques próprios para esta atividade é comum na indústria do cloro, compondo inclusive a etapa final do processo produtivo [28].

Papel:

Não há cuidados complexos ou muito específicos no armazenamento do papel em seu produto. Basta protegê-lo de fatores ambientais excessivos como a umidade, luz, vento e o calor. Já a estocagem da matéria prima, nesse caso a celulose, deve obedecer a padrões específicos sendo armazenada em baús horizontais ou verticais que contam com agitadores para manter o estoque em suspensão [29][30].

Dessa forma, a adesão a programas de resposta a demanda pode ser facilitada caso haja baixa necessidade de produção imediata. Entretanto, caso seja necessário estocar a polpa para fabricação do papel, o tempo e as condições necessitam de investimentos mais elevados.

Cimento:

A armazenagem do cimento afeta diretamente a sua durabilidade e qualidade, por isso, é importante atender a certas especificações para que o produto não seja avariado/inutilizado. O principal ponto no armazenamento do cimento está ligado à hidratação dos grãos que, em caso de problemas, causa o empedramento do produto. De acordo com o grau de hidratação ou empedramento, há uma queda na resistência do concreto ou da argamassa [31].

Para que isso não aconteça, os sacos não podem estar avariados, rasgados ou molhados, e para o armazenamento do produto é preciso ter cautela quanto às intempéries como a umidade e demais agentes nocivos à sua qualidade [31].

O prazo de validade a partir da expedição nas fábricas usualmente é de 90 dias. As pilhas devem conter no máximo 10 sacos e ser colocadas sobre estrados de 10 cm com distâncias das paredes e do teto [31].

Dessa forma, é possível atender a programas de resposta a demanda em caso de paradas programadas ou redução da produção, pois o produto pode ser armazenado por tempo suficientemente grande, desde que protegido especialmente da umidade.

Aço:

O armazenamento dos produtos na indústria do aço possui requisitos relativamente simples, contudo cruciais para manter o material nas condições desejadas. As barras, chapas e tubos de aço devem ser armazenados seguindo as seguintes diretrizes: sem contato direto com o chão, evitar o contato entre os materiais, alojar em locais abertos, porém protegidos do sol, chuva e excesso de umidade, evitar contato com outros metais [32].

Já no caso do armazenamento da matéria prima minério, nas usinas integradas, é comum criar pátios de minérios. Nestes locais há um sistema de aspersão de água para evitar o arraste de materiais pela ação dos ventos [33].

3. Entrevista com indústrias

Até aqui neste relatório foram analisados os processos de produção das diferentes indústrias a partir da literatura técnica sobre o assunto e a experiência de atuação dos consultores. No entanto, parte relevante do consumo de eletricidade e de capacidade de flexibilização dependem de características específicas e contexto próprio de cada industrial. Dessa forma, com intuito de obter insights práticos sobre a percepção das indústrias em relação à resposta da demanda, recorreu-se à realização de entrevistas com empresas representantes dos segmentos industriais chave, analisados neste estudo.

Para tanto, diversas empresas dos segmentos que envolvem as análises desse projeto foram contactadas. Dentre estas, nove retornaram, tendo sido possível a realização de conversas longas com seis destas. As entrevistas tiveram duração de aproximadamente 1 hora, com a aplicação do roteiro descrito no Anexo 1 e consolidação das respostas apresentadas no Anexo 2.

Já com as outras três empresas, foi possível realizar apenas um contato de curta duração. Nas seções a seguir são apresentadas a descrição do contato com as nove indústrias, e o resumo e análise dos resultados obtidos. Vale ressaltar que por motivos de confidencialidade, os nomes das empresas serão omitidos.

3.1 Empresa 1

3.1.1 Medidas gerais de gestão de energia e interesse em RD

Foi realizada uma entrevista com uma empresa do setor de alimentos e bebidas que possui foco no abate de animais e produção de carne, chamada aqui de Empresa 1. O colaborador que participou da entrevista atua na área de energia. De acordo com o reportado, de 80% a 90% da carga da planta é de refrigeração, com um consumo de cerca de 20 MW_{méd} em doze plantas.

A Empresa 1 realiza ou já realizou iniciativas ligadas à gestão de energia, como a participação no programa de Redução Voluntária da Demanda (RVD). Atualmente, a empresa compra energia pelo Ambiente de Contratação Livre (ACL). Sempre há avaliações sobre eficiência energética, por meio da melhoria contínua dos processos e troca de equipamentos, além da avaliação de autoprodução remota de energia para 2025. Para proteção contra quedas de energia, a empresa possui um gerador à diesel.

A Empresa 1 já apresenta certo conhecimento sobre o tema, sendo o único problema potencial a ser enfrentado, ao se contratar algum produto, a difícil flexibilidade do uso final de energia principal consumidor de eletricidade, a refrigeração.

3.1.2 Informações sobre o processo produtivo e medidas para implementar a RD

Existe o interesse de avaliar oportunidades com a resposta da demanda, em que a Empresa 1 entende que a estratégia mais factível seja o uso da geração própria de eletricidade, a partir da locação de geradores à diesel, medida que foi implementada durante a participação no RVD. Há também a possibilidade de remanejamento da produção entre plantas, culminando no desligamento total ou parcial de equipamentos.

O investimento para as ações de provimento da resposta da demanda é considerado baixo pelo entrevistado. O tempo de redução e a antecedência do aviso não são um problema, havendo inclusive a possibilidade de verificar o potencial de se utilizar a inércia térmica durante o desligamento. Sobre o impacto na produção, a Empresa 1 faria ações para que a produção não fosse afetada.

3.1.3 Adequação aos produtos de RD e considerações sobre custo e remuneração

A viabilização desses investimentos, considerando-se o produto de Demanda Ponta, dependeria da remuneração do contrato. Contrato este que a Empresa 1 não gostaria que tivesse duração maior do que um ano.

A redução da demanda poderia ser em cerca de 10%, assim como foi durante o RVD. A remuneração recebida, estimada com base no cenário mais provável de acionamento, deverá cobrir novos equipamentos (locação do gerador à diesel) e manutenção.

Já quanto ao produto de Demanda Média, ele se adequa mais a Empresa 1, sendo mais interessante a participação devido às flexibilidades para o consumidor. Da mesma forma que no produto anterior, não haveria a necessidade de compensar a demanda após a redução nem de limitação dos acionamentos. Para esse produto, até 20% da demanda poderia ser comprometida.

3.2 Empresa 2

3.2.1 Medidas gerais de gestão de energia e interesse em RD

A entrevista com a empresa do setor de mineração, chamada aqui de Empresa 2, foi realizada com dois colaboradores, que atuam na área de regulação e relacionamento com setor elétrico. De acordo com o reportado na entrevista, o principal uso final de eletricidade nas 40 operações da empresa é a força motriz. Nos portos, têm-se principalmente a movimentação de carga. Já na mina, a mineração em si é feita com equipamentos movidos a diesel, enquanto a beneficição consome energia elétrica, principalmente nas correias transportadoras.

A Empresa 2 realiza ou já realizou iniciativas ligadas à gestão de energia, como a participação no programa de Redução Voluntária da Demanda (RVD) e avaliação (mas não participação) no programa piloto de resposta da demanda. Atualmente, a compra de energia é pelo Ambiente de Contratação Livre (ACL). Sempre há avaliações de adequação de modalidade tarifária, demanda contratada e geração distribuída. No passado já existiu autoprodução local por meio de cogeração, sendo hoje a autoprodução somente remota. Para proteção contra quedas de energia, a Empresa 2 possui geradores à diesel, mas, segundo os entrevistados, tem capacidade irrelevante em comparação com a demanda de toda operação.

Existe o interesse mediano em resposta da demanda, sendo a participação condicionada à boa oportunidade onde a remuneração possa competir com a produção.

3.2.2 Informações sobre o processo produtivo e medidas para implementar a RD

A única possibilidade para participação em programa de resposta da demanda é por meio do deslocamento da produção, em função do replanejamento das paradas programadas para manutenção. Como a planta operara continuamente, haveria impactos na produção e seria necessário aumentar a demanda após o acionamento do produto de resposta da demanda.

3.2.3 Adequação aos produtos de RD e considerações sobre custos e remuneração

O investimento para essa ação é baixo para a empresa, considerando que apenas é necessário replanear as paradas. A remuneração recebida deve compensar a parada da produção e manutenção. A estimativa para essa remuneração deve considerar alto acionamento e prêmio de risco para a Empresa 2, já que eles consideram a gestão de energia na operação algo difícil.

Em relação ao produto de potência, segundo a Empresa 2, é difícil garantir o despacho por um ano, já que consideram a resposta da demanda como uma oportunidade, e não estratégico para empresa. O tempo de parada de três horas considerado nesse produto é plausível. A antecedência do aviso, entretanto, deve ser maior devido à inércia da planta.

Devido à essas características, a Empresa 2 avalia que contratos mais flexíveis são melhores. Contudo, especificamente para o produto Demanda Ponta especificado no roteiro da entrevista, não seria possível comprometer algum percentual da demanda.

Já quanto ao produto de Demanda Média, também é esperado flexibilidade no contrato, sendo possível a participação nesse produto por meio da adequação dos períodos de parada para manutenção da planta. Da mesma forma que no produto anterior, haveria necessidade de compensar a demanda, para que não haja impacto algum na operação. Para esse produto especificamente construído para o roteiro da entrevista a Empresa 2 entende que não poderia comprometer algum valor de percentual da sua demanda, sendo possível a participação apenas no caso de as paradas contribuírem para a contabilização da demanda reduzida. Esse produto, segundo a Empresa 2, é mais desafiador do que o produto de demanda na ponta.

3.3 Empresa 3

3.3.1 Medidas gerais de gestão de energia e interesse em RD

A entrevista foi realizada com empresa do setor de alimentos com foco na produção de gelatina e colágeno para fornecimento à outras fábricas que usam esse produto como matéria prima. Essa empresa é chamada aqui de Empresa 3. A entrevista foi realizada com colaborador que atua na área técnica, de Excelência Operacional. De acordo com o reportado na entrevista, a carga da planta é relacionada principalmente com chillers do sistema de refrigeração e sopradores e motores de uma estação de tratamento de efluentes (ETE).

A Empresa 3 não participou do programa de Redução Voluntária da Demanda (RVD) ou do programa piloto de resposta da demanda. Atualmente, a compra de energia é pelo Ambiente de Contratação Livre (ACL), com avaliação constante da modalidade tarifária. Existe um plano de ação sobre eficiência energética em desenvolvimento. A respeito de geração local de energia, foi reportado que existe a produção de vapor por biomassa, mas ele não é favorável a autoprodução de eletricidade na planta. O uso de energia solar fotovoltaica também apresenta potencial baixo. A Empresa 3 considera a autoprodução remota pouco viável devido a sua caracterização por contratos de longo prazo, que pode significar a perda de oportunidades no ACL em cenários de alta inflação.

A Empresa 3 entende que o potencial de resposta da demanda é baixo, sendo a única possibilidade de curto prazo para participação em um programa utilizar a sazonalidade do processo, que consome menos energia nos períodos mais frios do ano.

3.3.2 Informações sobre o processo produtivo e medidas para implementar a RD

Além da sazonalidade, a empresa vislumbra o potencial de resposta da demanda no longo prazo com o uso de geração própria por meio da cogeração, a qual seria implementada somente em cenários muito vantajosos de retorno de investimento. Em condições atuais, a parada caracterizada pela perda de produção ou mesmo o deslocamento da produção para prover a resposta da demanda é descartada pela empresa, principalmente pelo fato de a produção anual já estar vendida no início do período, sendo bastante inflexível quanto a possíveis atrasos ou redução de volume produzido.

3.3.3 Adequação aos produtos de RD e considerações sobre custo e remuneração

O investimento para ações de resposta da demanda é considerado alto para a Empresa 3, pois seria direcionado principalmente à implementação de geração própria, por meio da cogeração. A viabilização desses investimentos, considerando-se o produto de Demanda Ponta, vai depender da remuneração do contrato que, segundo a Empresa 3, não gostaria que tivesse duração maior do que um ano. A remuneração recebida, estimada com base no cenário com prêmio de risco, cobriria novos o investimento em novos equipamentos.

Com relação ao produto Demanda Ponta, a Empresa 3 é indiferente em relação à antecedência do aviso, mas entende que as três horas de parada são muito longas. Sobre o impacto na produção, a Empresa 3 afirma que não há a necessidade de compensar a produção, uma vez que ela não pode sequer diminuir durante o acionamento. Também é indiferente em relação ao número de acionamentos, com a consideração que seja possível compensar a demanda de energia por geração própria. Segundo a Empresa 3, não é possível reduzir a demanda, já que qualquer percentual de redução na demanda acarreta redução maior na produção, o que não pode ocorrer.

Já quanto ao produto de Demanda Média, a empresa se disse indiferente em relação as informações por não saber o quão atrativo isso seria, havendo com certeza a necessidade de compensar a demanda, considerando que não haja impacto na produção. Também não haveria necessidade de limitar os acionamentos. Para esse produto, de 3% a 5% da demanda poderia ser comprometida, sendo esse produto menos desafiador que o primeiro. A Empresa 3 já tem certo conhecimento sobre o tema, sendo o único potencial problema a ser enfrentado a dificuldade no planejamento da operação de maneira que não haja reduções.

3.4 Empresa 4

3.4.1 Medidas gerais de gestão de energia e interesse em RD

Foi realizada uma entrevista com dois colaboradores da área de energia de uma grande empresa de papel e celulose, chamada aqui de Empresa 4. Essa empresa tem diversas plantas no Brasil que produzem celulose e papel, apenas celulose ou apenas papel.

A Empresa 4 participou do programa de Redução Voluntária da Demanda (RVD) e reportou dificuldades nesse processo, desde a aquisição de medidores bidirecionais até dificuldade no atendimento de critérios técnicos exigidos contratualmente pelo ONS e das regras da CCEE. Avaliou que o contrato do programa não era compatível com uma empresa de grande porte.

Já medidas de adequação da modalidade e demanda é uma ação diária da empresa. A Empresa 4 tem autoprodução local e remota. Localmente, além da cogeração por meio do licor negro gerado no processo de produção da celulose, há utilização de geradores à diesel para backup em caso de problemas de energia da rede. Há os estudos de uso de geração distribuída em determinadas plantas de menor porte. Em relação às ações de eficiência energética, a empresa tem uma área dedicada a isso, que busca soluções envolvendo inteligência artificial, indústria 4.0 e Data Science. Como exemplo, citaram a adição de 5 MWh em processos de cogeração em função de medidas de otimização do uso do vapor em planta de celulose.

O interesse em participação em programas de resposta da demanda é alto, e é visto como uma alternativa de receita extra. Existe a possibilidade de adotar diversas medidas, com exceção a parada ou redução da produção, que configure em perda no volume da produção, já que toda a produção é geralmente vendida com cinco meses de antecedência.

Durante a entrevista, foi citado pelos entrevistados o modelo de resposta da demanda dos Estados Unidos, vinculados aos operadores do sistema elétrico PJM e ERCOT. Estes são programas que oferecem grande flexibilidade aos consumidores, principalmente em termos de montante de redução, aviso prévio e remuneração, em que o entrevistado entende que seriam modelos interessantes a serem aplicados no Brasil. Foi citado que uma das possíveis barreiras a um produto de longo prazo de resposta da demanda com montante pré-definido é que, em determinadas situações, é inviável para o setor produtivo atender à necessidade do sistema, o que acarretaria punições.

3.4.2 Informações sobre o processo produtivo e medidas para implementar a RD

Foi dito que os maiores consumidores de energia nas plantas celulose são motores elétricos, principalmente na deslignificação, secagem e produção de químicos. A caldeira de cogeração, além de gerar vapor para o processo, também recuperam químicos. Nas plantas de papel, a cogeração segue o ciclo mais comum e tem processos semelhantes, sendo gerado cerca de 50% da demanda de energia.

O investimento para a resposta da demanda foi considerado médio, principalmente por causa dos medidores bidirecionais e infraestrutura de telecomunicações. Segundo os entrevistados, entende-se que cerca de 20%-30% da demanda pode ser utilizada em programas de resposta da demanda. Contudo, foi enfatizado que o *core business* da Empresa 4 é a produção de papel e celulose, e as suas medidas prioritárias na estratégia estão focadas em otimização do processo produtivo. Logo, no caso da cogeração, isso significa otimizar a produção de vapor em detrimento da geração de energia elétrica.

De acordo com a Empresa 4, as principais ações para prover a resposta da demanda são a substituição da energia elétrica por outro energético, deslocamento da produção ou desligamento parcial e geração própria, desde que a implementação dessas medidas não implique em perda de produção. Foi mencionado que não é possível adequar a cogeração para maior produção de energia em horários de ponta, já que a produção é flat e a demanda por vapor é mais importante para os processos. O cálculo da remuneração com a resposta da demanda foi um quesito que requer bastante atenção. Enfatizou-se que o potencial do segmento em termos de resposta da demanda restringe-se às plantas onde ocorre somente a produção de papel, uma vez que plantas onde ocorre produção de celulose tendem a ser autossuficientes em energia elétrica.

3.5 Empresa 5

3.5.1 Medidas gerais de gestão de energia e interesse em RD

Foi realizada uma entrevista com uma empresa do setor químico e petroquímico, chamada aqui de Empresa 5. Dois colaboradores da área de energia da empresa descreveram o processo produtivo e interesse em potenciais da resposta da demanda na indústria. A Empresa 5 participou do programa piloto de resposta da demanda, assim como do RVD.

Devido ao processo produtivo, que é eletrointensivo, não há adequação da modalidade tarifária, apenas da demanda. A Empresa 5 participa do ACL e produz energia própria localmente, por meio termelétrica de cogeração, além da autoprodução remota. Para partidas emergenciais e backup, a Empresa 5 possui geradores de emergência.

O interesse demonstrado é alto, sendo que há mais alinhamento com o modelo de energia em comparação ao de potência.

3.5.2 Informações sobre o processo produtivo e medidas para implementar a RD

O processo produtivo, como dito, é eletrointensivo, com diversas operações consumidoras de energia. O maior consumidor de energia é a célula de soda, um processo eletrolítico, mas também se destacam cargas de compressores, sopradores e motores elétricos, sendo impossível parar a produção para ações de resposta da demanda. As estratégias citadas como viáveis são o uso temporário de compressores elétricos como substituição às turbinas a vapor e geração própria por meio da cogeração.

3.5.3 Adequação aos produtos de RD Considerações sobre custo e remuneração

A remuneração é um ponto crítico do desenho de uma estratégia de resposta da demanda. Segundo a Empresa 5, os custos de mobilização da equipe são altos e os custos com a manutenção aumentam de acordo com a escala da resposta. Contudo, uma remuneração fixa é capaz de viabilizar o investimento.

Segundo a Empresa 5, o produto de potência exemplificado na entrevista é mais desafiador, haja vista que o processo produtivo na indústria não percebe o horário de ponta e, portanto, a remuneração teria que ser muito atrativa. O contrato de um ano seria curto, uma vez que o *payback* de toda operação é maior do o prazo estimado. Além disso, há incertezas quanto a necessidade de aumentar a demanda ou se a produção é afetada, não sendo possível afirmar sobre esses dois pontos. Para esse produto, seria possível o comprometimento, em teoria, de 10% a 20% da demanda, dependendo da remuneração (75-150 MW).

Quanto ao produto de energia, foi ressaltada a importância do limite de acionamentos. Uma estratégia citada para atender a esse produto foi o remanejamento da produção para outros locais, como do Sudeste para o Nordeste. Neste produto, considera-se possível o comprometimento de 20% da demanda. Em geral, os custos de investimento podem inibir a participação em produtos como esse, sendo que toda decisão, segundo a Empresa 5, deve ser tomada com base em cenários concretos, onde há a certeza de acionamento. Isso ocorre pois o custo de preparação é alto demais para que não haja acionamentos e remuneração.

3.6 Empresa 6

3.6.1 Medidas gerais de gestão de energia e interesse em RD

Na entrevista com uma empresa do setor siderurgia e produção de aço, chamada aqui de Empresa 6, houve a participação de dois colaboradores da área de energia, que descreveram um pouco do processo produtivo e de ações de gestão de energia na empresa. Em unidades da Empresa 6, existe a autoprodução local e remota, em que a autoprodução local pode ocorrer por meio de cogeração. Para isso, utiliza-se gases do processo ou gás natural, podendo suprir 50% da demanda de energia em uma unidade.

Sobre os programas anteriores de resposta da demanda, a Empresa 6 avaliou, mas não participou do Programa Piloto e participou do RVD. A adequação de modalidade e da demanda contratada é constantemente avaliada. Sobre a GD, foi informado que existem 127 unidades de pequeno porte para esse fim. Para emergências, principalmente em processos críticos, como no centro de processamento de dados (CPD), são utilizados geradores a diesel.

3.6.2 Informações sobre o processo produtivo e medidas para implementar a RD

A Empresa 6 tem usinas integradas e semi-integradas, em que nesta segunda é eletrointensiva principalmente no forno-elétrico. As medidas que foram utilizadas no RVD e têm potencial maior para resposta da demanda são o desligamento parcial da planta e otimização da autoprodução. A otimização da autoprodução pode ser pela cogeração, injetando mais energia elétrica no sistema ou alocando geradores a diesel para abastecimento da planta e injetando energia elétrica de uma PCH, que fica dentro da fábrica, no sistema elétrico. Além disso, a otimização da manutenção com paradas programadas em horários de pico do sistema elétrico também é possível.

3.6.3 Adequação aos produtos de RD e considerações sobre custo e remuneração

A base de remuneração considerada foi de um cenário de muitos acionamentos e o investimento foi considerado médio para o caso de preparação para aumentar a cogeração e alto no caso de se fazer a otimização da manutenção. Neste sentido, a Empresa 6 possui grande potencial de participar de programas de resposta da demanda, podendo ter relevante contribuição para evitar a baixa oferta de energia, o que não seria interessante para a empresa. A contribuição para o sistema elétrico nesse sentido é uma forma de garantir o abastecimento de energia elétrica e manter a produção nos níveis normais.

Nenhum dos dois produtos apresentados na entrevista, entretanto, são adequados para a empresa. A principal barreira observada foi a possível inflexibilidade nos contratos, tanto em termos de duração do compromisso, número de acionamentos, período dos acionamentos e remuneração fixa. Sobre o produto de potência, citou-se a dificuldade de desligar uma planta de aço, sendo necessárias seis horas para parar uma planta por três horas, por exemplo, em que o impacto no processo industrial seria muito grande. No produto de energia, a dificuldade se encontra na remuneração fixa. Durante o período do contrato, os preços dos energéticos que seriam usados para prover a resposta da demanda poderiam sofrer variações que inviabilizariam a resposta da demanda.

Para ambos os produtos, a principal forma de resposta da demanda, autoprodução por cogeração, necessita de avisos com muita antecedência ou de acionamentos por longos períodos, sendo citada a necessidade do planejamento de contratos com fornecedores de gás natural, que são de, no mínimo, três meses. O impacto na produção vai depender do mercado, já que uma redução de x% na demanda, em geral, acarreta a redução de x% na produção. Logo, em momentos de alta do mercado, pode haver impacto.

De acordo com a Empresa 6, um bom produto de resposta da demanda deve ser flexível e adaptado à realidade de cada indústria. A remuneração deve seguir o preço do mercado, compatível com a variação do preço da energia, os períodos de acionamentos devem variar de acordo com cada tipo de indústria e o período do contrato ser longo o suficiente, considerando o *payback* segundo a necessidade de investimento de cada indústria.

3.7 Comunicação de curta duração com outras indústrias

Em conversa telefônica de curta duração com um representante de uma indústria de cloro, foi informado de forma concisa que o principal potencial da indústria em programas de resposta da demanda é a utilização do deslocamento da produção. Esta medida seria possível em função do replanejamento das paradas programadas de manutenção para períodos que coincidam com o despacho do produto de resposta da demanda.

Uma empresa que atua no setor de produção de cimento declinou à entrevista para avaliação do potencial da resposta da demanda nesse segmento. Segundo a empresa, a experiência com o Programa de Resposta Voluntária à Demanda foi infrutífera, em função do perfil operacional da indústria.

Uma mineradora declinou o convite à entrevista, justificando que a aderência da empresa em relação a resposta da demanda no contexto atual é baixa e julga que haveria poucas contribuições para o projeto.

3.8 Análise dos resultados das entrevistas

3.8.1 Resumo dos resultados das entrevistas

Na Tabela 6 apresenta-se o resumo dos resultados obtidos nas conversas de longa duração com seis empresas. Nesta tabela, sintetizou-se as informações em termos dos quesitos: (i) grau de interesse em participar de programas de resposta da demanda; (ii) participação prévia em programas de resposta da demanda; (iii) ações implementadas para prover resposta da demanda; (iv) o status dessas ações; e (v) a percepção geral sobre a necessidade de investimentos para prover a resposta da demanda.

Verifica-se que, de modo geral, o grau de interesse em participar de programas de resposta da demanda é considerado médio pelas indústrias, o que se deve ao fato de que participar desses programas pode ser interessante principalmente em função do retorno financeiro, contudo não integraria as ações estratégicas das empresas. Apenas um dos empreendimentos entrevistados não participou previamente de um programa de resposta da demanda, dessa forma, é possível inferir que diversos segmentos industriais do país já possuem um conhecimento básico sobre o tema abordado.

No que tange as ações específicas para prover a resposta da demanda, destaca-se como medidas já validas, ou seja, empregadas durante a participação das indústrias nos programas de resposta da demanda, as seguintes ações: (i) uso da geração própria por meio da cogeração existentes por meio de locação de geradores; (ii) deslocamento de produção em função de paradas de manutenção; e (iii) o deslocamento da produção em função de alteração das dinâmicas do setor produtivo. De modo geral, conforme informado pelos entrevistados, essas medidas demandam investimentos de baixo e médio portes, conforme definição abaixo:

- Investimentos baixos são aqueles necessários para aprimoramentos, como ampliação da equipe responsável e equipamentos de monitoramento e controle;
- Investimentos médios são aqueles significativos em organização da operação, como reestruturação de equipes, logística etc.

Verifica-se ainda o caso das medidas para prover resposta da demanda que estariam em estágio de potencial, ou seja, segundo os entrevistados, não foram implementadas efetivamente. Essas medidas são: (i) uso da inércia térmica; (ii) remanejamento da produção para outras unidades; (iii) sazonalidade do consumo de eletricidade no inverno; e (iv) uso da geração própria por meio da cogeração. No caso da cogeração, a demanda por investimentos poderia ser alta, caracterizados por aqueles que são muito elevados na planta e processo produtivo.

Tabela 6 – Resumo dos resultados das entrevistas com as empresas, parte 1 (Elaboração própria).

Empresa	Segmento	Grau de interesse em participar de programas de RD	Participação prévia em programa de RD	Ação para prover RD	Status da ação para prover RD	Percepção geral sobre necessidade de investimentos para prover RD
1	Alimentos refrigerados (Proteína Animal)	Médio	Sim	Locação de geradores	Validado	Investimentos baixos
				Inércia térmica	Potencial	
				Remanejamento da produção para outras unidades	Potencial	
2	Alimentos refrigerados (Gelatina e Colágeno)	Médio	Não	Sazonalidade no inverno	Potencial	Investimentos altos
				Uso da geração própria por meio da Cogeração		
				Inércia térmica		
3	Extração Mineral (Minério de Ferro)	Médio	Sim	Deslocamento de produção em função de paradas de manutenção	Validado	Investimentos baixos
4	Papel e Celulose	Médio	Sim	Uso da geração própria por meio da Cogeração existente	Validado	Investimentos médios
				Deslocamento da produção em função de alteração das dinâmicas do setor produtivo	Validado	
5	Petroquímica (Resina e Insumos Químicos, como soda-cloro)	Alto	Sim	Uso da geração própria por meio da Cogeração	Validado	Investimentos médios
				Deslocamento da produção em função de alteração das dinâmicas do setor produtivo	Validado	Investimentos médios
				Substituição da eletricidade por outro energético	Potencial	
6	Aço (Aço Integrado e Semi Integrado)	Alto	Sim	Uso da geração própria por meio da Cogeração	Validado	Investimentos médios
				Deslocamento de produção em função de paradas de manutenção	Validado	

Na Tabela 7 apresenta-se a segunda parte do resumo dos resultados das entrevistas de longa duração, em termos do quanto cada indústria se adequaria aos produtos de resposta da demanda descritos no roteiro da entrevista do Anexo 1, e quanto da sua demanda estas indústrias poderiam comprometer.

Nota-se que a percepção de adequação à reposta da demanda para produto ponta tem variado majoritariamente entre os graus baixo e médio, sendo que apenas a indústria de papel obteve uma percepção de alta adequação, que possui a grande flexibilidade da cogeração. Isso ocorre pois é um produto conceitualmente menos flexível para o consumidor, principalmente pelo fato de os períodos de acionamento serem definidos pelo operador, bem como ao aviso prévio ocorrer na madrugada do dia de acionamento. Para o produto demanda média, conceitualmente mais flexível para o consumidor, o grau de adequação varia do médio ao alto, pois esse produto possui as vantagens para o lado do consumidor em relação a escolha dos períodos de acionamento e aviso prévio de uma semana.

Já no caso das frações das demandas que a indústrias poderiam se comprometer em cada tipo de produto variou entre 0% e 30%, sendo que grande parte dos entrevistados alocariam uma parcela menor da demanda no produto ponta em relação ao produto demanda média. Destaca-se o caso da empresa mineradora que, apesar de concordar com o conceito geral dos produtos, informou que não alocaria um percentual da sua demanda nos produtos citados, devido às peculiaridades em relação a remuneração fixa, contrato de longo prazo, montante pré-definido e período e acionamento definido pelo operador. Outro ponto de grande destaque foi o relatado pela empresa siderúrgica que entendeu possuir adequação baixa em relação aos produtos citados em função das inflexibilidades que eles apresentam, como o montante predefinido, apenas três horas de duração, produto demanda média de apenas uma semana.

Tabela 7 – Resumo dos resultados das entrevistas com as empresas, parte 2 (Elaboração própria).

Empresa	Segmento	Adequação geral ao produto Demanda Ponta	% Demanda RD Ponta	Adequação geral ao produto Demanda Média	% Demanda RD Média
1	Alimentos refrigerados (Proteína Animal)	Média	10%	Alta	20%
2	Alimentos refrigerados (Gelatina e Colágeno)	Baixa	0%	Média	5%
3	Extração Mineral (Minério de Ferro)	Média	0% (devido as especificidades do produto citado nas entrevistas)	Média	0% (devido as especificidades do produto citado nas entrevistas)
4	Papel e Celulose	Alto	20% a 30%	Alto	20% a 30%
5	Petroquímica (Resina e outros Insumos Químicos)	Média	20%	Alto	20%
6	Aço (Aço Integrado e Semi Integrado)	Baixo	0% (devido as especificidades do produto citado nas entrevistas)	Baixo	0% (devido as especificidades do produto citado nas entrevistas)

3.8.2 Análise de adequação das medidas de RD citadas nas entrevistas aos segmentos industriais

Propõe-se, na Tabela 8, uma análise de adequação de cada segmento sob estudo neste projeto às ações validadas para prover resposta da demanda citadas nas entrevistas. Esta análise foi realizada tendo em vista a impossibilidade de entrevistar indústrias de todos os segmentos e a premissa de que determinadas medidas para prover resposta da demanda citadas por determinado segmento industrial ser passível de aplicação em outros segmentos. Recorda-se que o termo validado indica que essa medida foi efetivamente implementada por uma indústria para realizar a resposta da demanda.

A primeira linha da Tabela 8 expõe as ações de resposta da demanda citadas nas entrevistas, a segunda linha indica o status “validado” destas ações e a terceira linha contém a classificação por tipo de flexibilidade, análogo ao que foi apresentado no tópico anterior deste relatório. As linhas subsequentes apresentam os segmentos sob análise e o “X” indica se determinado segmento seria adequado àquela medida de resposta da demanda citada na primeira linha.

Tabela 8 – Ações validadas para prover RD citada nas entrevistas e sua relação com os segmentos industriais sob análise (Elaboração própria).

Ação para prover RD mapeada nas entrevistas	Locação de geradores	Deslocamento de produção em função de paradas de manutenção	Uso da geração própria por meio da Cogeração existente	Deslocamento da produção em função de alteração das dinâmicas do processo produtivo
Status da ação para prover RD	Validado	Validado	Validado	Validado
Tipo Flexibilidade	Geração própria	Deslocamento temporal da produção	Geração própria	Deslocamento temporal da produção
Alimentos Refrigerados	X			X
Alimentos Não Refrigerados	X			X
Saneamento				X
Data center				X
Alumínio Processado	X			X
Alumínio Primário		X		X
Cimento		X	X	X
Papel		X	X	X
Cloro		X		X
Aço Integrada		X	X	X
Aço Semi-Integrada		X		X

i. Locação de geradores:

Entende-se que a locação de geradores para atender a demanda da planta industrial seria uma medida implementada por empreendimentos caracterizados por serem de pequeno ou médio porte, pois haveria menor viabilidade econômico-financeira na ação de locar esses equipamentos de grande porte. Por isso, atribui-se essas medidas aos segmentos que tendem a ser mais pulverizados e possuir menor capacidade de produção industrial em uma planta específica, que seriam os segmentos: de alimentos e bebidas e alumínio processado.

ii. Deslocamento da produção em função do replanejamento de paradas programadas para manutenção:

O replanejamento de paradas de manutenção para prover a resposta da demanda seria uma característica de segmentos de grande porte, que teriam como prática esse tipo de medida periodicamente em determinados equipamentos ou etapas do processo que implicariam em uma redução relevante da demanda. Logo, classifica-se nesse quesito as indústrias: alumínio primário, cloro, cimento, papel e aço.

iii. Uso da geração própria por meio da cogeração existente:

A cogeração existente é característica de indústrias que utilizam bastante energia térmica na forma de vapor, que muitas vezes é produzido a partir da queima de um subproduto da indústria, gases de escape do processo, ou até mesmo o gás natural. Dessa forma, atribui-se essa medida aos segmentos notadamente conhecidos por possuírem a cogeração: papel, aço e cimento.

iv. Deslocamento da produção em função das dinâmicas do setor produtivo:

O deslocamento da produção em função de alterações nas dinâmicas do processo produtivo é uma medida genérica, citada por diversos entrevistados dos diferentes segmentos, podendo ser atribuída, por exemplo, à redundância nas etapas do processo. Como consequência, há possibilidade de desligar determinado equipamento ou em determinado momento aumentar a intensidade de uma etapa do processo que utilize menos eletricidade em função de aumentar o uso de determinada etapa que não utilize eletricidade. Logo, entende-se que esse tipo de medida poderia ser aplicado por qualquer indústria e, por isso, é atribuída a todos os segmentos.

Na Tabela 9 apresenta-se uma análise análoga ao que foi explicado em relação a tabela anterior, contudo neste caso lista-se medidas para prover resposta da demanda com o status "potencial". Estas ações foram citadas nas entrevistas como uma possibilidade, mas não foram efetivamente implementadas.

Tabela 9 – Ações potenciais para prover RD citada nas entrevistas e sua relação com os segmentos industriais sob análise (Elaboração própria).

Ação para prover RD mapeada nas entrevistas	Inércia térmica	Remanejamento da produção para outras unidades	Sazonalidade no inverno	Substituição da eletricidade por outro energético	Uso da geração própria por meio da Cogeração
Status da ação para prover RD	Potencial	Potencial	Potencial	Potencial	Potencial
Tipo	Inércia Térmica	Deslocamento temporal da produção ou Perda de produção	Deslocamento temporal da produção	Deslocamento temporal da produção	Geração própria
Flexibilidade					
Alimentos Refrigerados	X	X	X	X	X
Alimentos Não Refrigerados		X			X
Saneamento					
Data center	X		X	X	
Alumínio Processado					
Alumínio Primário					
Cimento				X	X
Papel		X			X
Cloro				X	X
Aço Integrada				X	X
Aço Semi- Integrada				X	

i. Inércia Térmica:

A utilização da inércia térmica nos processos que envolvem controle de temperatura para reduzir a demanda foi citado pelas indústrias apenas como uma medida potencial a ser testada nas câmaras frias de abatedores de carnes. Entende-se que seria aplicável às indústrias que dependem bastante das refrigerações e climatização, como alimentos e bebidas e data center.

ii. Remanejamento da produção para outras unidades:

O remanejamento da produção para outras unidades, que inclusive poderia implicar em perda de produção para uma determinada unidade do grupo empresarial, seria susceptível às indústrias cuja produção seja pulverizada. Logo, atribui-se essa medida aos segmentos de alimentos e bebidas e papel.

iii. Sazonalidade de consumo durante períodos de menor temperatura:

A possibilidade de redução da demanda atrelada às características sazonais do consumo em função da redução da temperatura ambiente é associada aos segmentos que possuem grande dependência do controle de temperatura para refrigeração e climatização. Por isso, atribui-se esse quesito aos segmentos de alimentos refrigerados e data center.

iv. Substituição da eletricidade por outro energético:

A substituição da eletricidade por outro energético consiste em, por exemplo, usar energia térmica em detrimento da energia elétrica para acionar equipamentos como bombas ou compressores. Seria uma medida potencial para prover resposta da demanda em indústrias que apresentem grande produção de vapor e, para tanto, supõe-se associá-la aos segmentos de cimento, cloro e aço. Esta medida também poderia ser implementada em segmentos que demandam refrigeração devido a possibilidade de geração de frio a partir de outro combustível, por isso, sugere-se também o potencial de aplicação dessa medida no segmento de data center e alimentos e bebidas refrigerados.

v. Uso da geração própria por meio de cogeração nova:

Por fim, observou-se nas entrevistas a possibilidade de redução do consumo da rede elétrica em função de implementação de um projeto de cogeração. Associou-se essa medida às indústrias com potencial de cogeração tanto por sua necessidade de vapor quanto por serem caracterizadas pela geração de subproduto como: alimentos e bebidas, cimento, papel, aço e cloro.

4. Receita, custos e remuneração de Pessoal

Para se obter insights e realizar análises qualitativas e quantitativas sobre custos e possíveis valores de remuneração atrelados à resposta da demanda, entende-se ser necessário coletar dados sobre receitas e custos atrelados à produção industrial. Isso ocorre principalmente no contexto em que se realiza a parada da produção, implicando em perda de produção em um período agregado.

Para tanto, sugere-se obter dados referentes a receita de venda, custos de produção, remuneração da mão de obra e custos com eletricidade. Dessa forma, é possível calcular o lucro por unidade de produção bem como a contratação de profissional para compor equipe dedicada.

Neste capítulo, propõe-se uma apresentação preliminar de tais informações que serão estudadas com maior detalhamento na etapa seguinte desse projeto.

4.1 Receitas e custos

Inicialmente, na Tabela 10, apresenta-se o resumo dos dados de produção para cada um dos segmentos objeto de estudo do trabalho, discretizados por três tipos de unidades de produção diferentes: toneladas (t), litros (l) e quilograma (kg). Exceto para o segmento do data center, que não possui um volume de commodities efetivamente produzido.

Tabela 10 – Produção anual, em 2020 (Elaboração própria a partir de [3], [34], [35], [36], [37] e [38]).

Segmento	Produção (t)	Produção (mil l)	Produção (kg)
Alimentos	152.044.719	11.223.553	1.301.940.797
Bebidas	153.167	34.213.803	
Aço	31.400.000		
Alumínio	2.083.200		
Cloro	786.193		
Papel	10.200.000		
Cimento	61.157.000		
Data center			
Abastecimento de Água		24.000.000.000	

Na Tabela 11, divulga-se os dados referentes a receita líquida de venda atrelada à produção industrial para cada um dos segmentos, em função dos tipos de unidades de produção. Em termos de valores absolutos de receita, o setor agrupado de alimentos e bebidas é o grande destaque, com aproximadamente 676,95 bilhões de reais em receitas. Em seguida, tem-se o segmento do aço com 118,75 bilhões de reais.

Na Tabela 12, apresenta-se os dados referentes aos custos atrelados à atividade para cada um dos segmentos, em função dos tipos de unidades de produção. Em termos de valores absolutos de receita, o setor agrupado de alimentos e bebidas é o grande destaque, com aproximadamente 428,9 bilhões de reais em custos.

Tabela 11 – Receita líquida de venda atrelada a atividade industrial, em 2020 (Elaboração própria a partir de [3], [34], [39] e [40]).

Segmento	Receita R\$ (t)	Receita R\$ (mil l)	Receita R\$ (kg)
Alimentos	R\$ 568.080.560.965	R\$ 27.902.840.767	R\$ 6.017.290.564
Bebidas	R\$ 1.215.283.406	R\$ 73.741.188.556	
Aço	R\$ 118.749.169.000		
Alumínio	R\$ 39.428.399.000		
Cloro	R\$ 2.532.698.000		
Papel	R\$ 25.266.930.000		
Cimento	R\$ 16.237.115.000		
Data center ¹	R\$ 2.192.989.160		
Abastecimento de Água		R\$ 72.400.000.000	

Tabela 12 – Custos atrelados a atividade industrial, em 2020 (Elaboração própria a partir de [3], [39] e [40]).

Segmento	Custos R\$ (t)	Custos R\$ (mil l)	Custos R\$ (kg)
Alimentos	R\$ 401.002.393.844,60	R\$ 23.391.469.607,31	R\$ 4.523.634.548,09
Bebidas	R\$ 941.380.278,12	R\$ 50.759.471.721,88	
Aço	R\$ 20.013.565.000,00		
Alumínio	R\$ 27.359.482.000,00		
Cloro	R\$ 1.342.218.000,00		
Papel	R\$ 15.574.268.000,00		
Cimento	R\$ 8.507.351.000,00		
Data center ²	R\$ 2.186.868.000,00		
Abastecimento de Água		R\$ 65.800.000.000	

Com os dados apresentados até o momento, é possível calcular o lucro por unidade de produção a partir da diferença entre os valores disponibilizados na Tabela 11 e na Tabela 12, e dividindo-os pelos dados de produção da Tabela 10. Os valores de lucro por unidade de produção são apresentados na Tabela 13. Dessa forma, é possível obter insights preliminares sobre custos com eventual parada de produção vinculados a resposta da demanda para cada segmento.

Ressalta-se que os estudos mais detalhados da relação dos custos com parada de produção e a resposta da demanda serão apresentados no próximo relatório deste projeto, bem como os detalhamentos das subdivisões para os setores de alimentos e bebidas e do aço, além da definição de como fazer tal análise para o segmento de data center.

1 Considera data center e serviços de hosting.

2 Obtido em função dos custos das 5 maiores empresas do país do segmento de data center e hosting.

Tabela 13 – Lucro por unidade de produção (Elaboração própria a partir de [3], [34], [35], [36], [37], [38], [39] e [40]).

Segmento	Lucro/produção R\$ (t)	Lucro/produção R\$ (mil l)	Lucro/produção R\$ (kg)
Alimentos	R\$ 1.098,88	R\$ 401,96	R\$ 1,15
Bebidas	R\$ 1.788,26	R\$ 671,71	
Aço	R\$ 3.144,45		
Alumínio	R\$ 5.793,45		
Cloro	R\$ 1.514,23		
Papel	R\$ 950,26		
Cimento	R\$ 126,39		
Data center			
Abastecimento de Água		R\$ 0,28	

4.2 Remuneração de pessoal

Outro custo vinculado às operações industriais potencialmente gerados pela participação em programas de resposta da demanda são aqueles associados à equipe dedicada para gerir e operacionalizar a resposta da demanda.

Para compreender os possíveis custos envolvidos com equipe dedicada, mapeou-se a remuneração média mensal para cada segmento estudado neste projeto. Os resultados são apresentados na Tabela 14. Verifica-se que a remuneração média mensal por pessoa de cada segmento varia entre R\$ 2.823, no setor de alimentos, até R\$ 7.765,72, indústria do cloro.

Tabela 14 – Pessoal ocupado e remuneração, em 2020 (Elaboração própria a partir de [39] e [41]).

Segmento	Pessoal ocupado em 31.12	Salários retiradas e outras remunerações	Remuneração média mensal por pessoal
Alimentos	872.425	R\$ 29.549.146.000	R\$ 2.823
Bebidas	133.792	R\$ 6.298.697.000	R\$ 3.923
Aço	83.344	R\$ 6.128.290.000	R\$ 6.128
Alumínio	23.076	R\$ 1.350.271.000	R\$ 4.876
Cloro	2.189	R\$ 203.990.000	R\$ 7.765,72
Papel	38.067	R\$ 2.356.510.000	R\$ 5.158
Cimento	17.048	R\$ 1.176.468.000	R\$ 5.750
Data center ³	620.044	R\$ 43.041.095.000,00	R\$ 5.784,68
Abastecimento de Água	229.100	R\$ 19.700.000.000	R\$ 7.166

3 Considera a prestação do serviço de tecnologia da informação (TI).

5. Curva de consumo e custos com energia elétrica

Nesta etapa, busca-se complementar os assuntos abordados nos tópicos anteriores sobre flexibilidade dos processos produtivos e análise de receitas e custos. Com esse propósito, apresenta-se inicialmente uma análise do comportamento do consumo de energia elétrica para os segmentos industriais em estudo nesse do trabalho, com o intuito averiguar potenciais de flexibilidade. Além disso, complementa-se a análise de custos ao estudá-los com aquisição de energia elétrica para produção, tendo em vista sua relação direta com a operacionalização da resposta da demanda.

5.1 Curvas de consumo de energia elétrica

Como observado no decorrer deste trabalho, o uso da energia elétrica é bastante relevante nos segmentos industriais, sendo o insumo responsável pelo acionamento de equipamentos, muitos deles cruciais para o negócio das empresas. Logo, entende-se que o comportamento do consumo de eletricidade de um empreendimento representa características da operação e do processo produtivo. No contexto da resposta da demanda, deseja-se caracterizar a flexibilidade dos processos, em que a tipicidade deste traço pode ser verificada nas curvas de consumo de eletricidade a partir da avaliação de como o processo produtivo usa a energia elétrica ao longo das horas, dias, meses e anos.

Para tanto, analisou-se os dados horários de consumo de eletricidade disponibilizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) para o ano de 2019⁴, para os segmentos sob análise nesse projeto. Ressalta-se que esses dados de consumo correspondem às unidades consumidoras pertencentes ao Ambiente de Contratação Livre (ACL).

Os dados foram analisados com o objetivo de obter uma curva de consumo que apresentasse o perfil horário, ou seja, o consumo médio para cada hora do dia, considerando apenas dias úteis. E o perfil sazonal, que corresponde ao consumo médio mensal, ao longo dos 12 meses do ano.

Na Tabela 15 explana-se brevemente sobre o que está contemplado nos segmentos analisados nessa etapa do trabalho:

Destaca-se que as curvas de consumo de energia elétrica apresentaram três tipos de padrão de comportamento, tanto na análise do perfil horário quando na análise do perfil sazonal, em que esses padrões foram nomeados como flat, perfilado e afundamento. Para cada um dos padrões de consumo atribui-se um grau de flexibilidade do processo produtivo, que pode ser observado na Tabela 16 juntamente da definição qualitativa de cada um e a explicação do grau de flexibilidade.

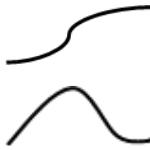
Nos subtópicos subsequentes apresenta-se gráficos e tabelas que resumem as classificações dos segmentos apresentados na Tabela 15 em função dos padrões de consumo definidos na Tabela 16.

4 Optou-se por utilizar os dados de consumo do ano mais recente pré-pandemia, ou seja, 2019, com o intuito eliminar possível vieses do comportamento do consumo, tendo em vista que durante os anos de 2020 e 2021, devido à pandemia, diversas empresas reduziram ou interromperam a produção durante determinado período.

Tabela 15 – Descrição dos segmentos analisados em função da curva de consumo de energia elétrica (Elaboração própria)

Segmento	Descrição
Alumínio Primário	Empresas de produção de alumínio primário
Alumínio Processado	Empresas de produção de produtos transformados de alumínio
Cloro	Empresas de produção de cloro
Data center	Empresas do segmento de Data center
Alimentos Cerveja	Empresas fabricantes de cerveja
Alimentos Carne	Empresas do segmento de proteína animal
Alimentos Laticínios	Empresas do segmento de laticínios
Alimentos Não Refrigerados	Empresas dos diversos segmentos que não possuem a refrigeração como principal uso final de energia elétrica
Alimentos e Bebidas	Empresas dos diversos segmentos de alimentos e bebidas como um todo
Saneamento	Empresas do segmento de abastecimento de água
Aço Integrada	Empresas do segmento produção de aço com rota integrada
Aço	Empresas do segmento produção de aço como um todo
Aço Semi-Integrada	Empresas do segmento produção de aço com rota semi-integrada
Cimento	Empresas do segmento produção de cimento como um todo
Madeira, Papel e Celulose	Empresas do segmento produção de papel, madeira e celulose como um todo

Tabela 16 – Definição qualitativa dos padrões de consumo (Elaboração própria)

Padrão de consumo	Descrição	Representação conceitual	Grau de flexibilidade do processo produtivo	Descrição flexibilidade
Flat	Caracterizado por curvas de consumo que apresentam baixa variação ao longo do período de análise		Baixa	Entende-se que o processo produtivo é menos susceptível a mudanças bruscas como parada total ou parcial de produção, bem como seu deslocamento temporal
Perfilado	Caracterizado por curvas de consumo que apresentam grandes e várias variações em torno da média ao longo do período de análise		Alta	Entende-se que o processo produtivo é mais susceptível a mudanças bruscas, como parada total ou parcial de produção, bem como seu deslocamento temporal
Afundamento	Caracterizado por curvas de consumo que apresentam redução brusca no consumo em determina faixa de tempo do período de análise		Média	Entende-se que o processo produtivo é moderadamente susceptível a mudanças bruscas, como parada total ou parcial de produção, bem como seu deslocamento temporal

5.1.1 Perfil sazonal

O perfil de consumo sazonal é caracterizado por apresentar o consumo médio mensal para o período de 12 meses. Nos gráficos ilustrados na Figura 1, Figura 2 e Figura 3, apresenta-se o comportamento de consumo de energia elétrica para o perfil sazonal, para os padrões de consumo flat, perfilado e afundamento, respectivamente.

Conforme exposto na Figura 1, o perfil sazonal com padrão de consumo flat contempla os segmentos do aço integrado, alumínio processado, alimentos cerveja, cloro e data center.

Nota-se que, neste caso, houve uma mescla de segmentos que possuem os vários tipos de uso final de energia como principal consumidor de eletricidade, como força motriz, eletroquímico e refrigeração, sendo predominante o uso final força motriz, seguido da refrigeração.

Ressalta-se que estes seriam os segmentos com baixa flexibilidade no âmbito sazonal, considerando a definição qualitativa apresentada anteriormente.

Já pela Figura 2, verifica-se que o perfil sazonal com padrão de consumo perfilado contempla os segmentos de alimentos não refrigerados, alimentos carnes, alimentos laticínios, alumínio primário e o saneamento. Por este gráfico, conclui-se que há predominância dos usos finais de energia refrigeração e força motriz. No contexto sazonal, esses seriam os segmentos com maior flexibilidade em seus processos produtivos.

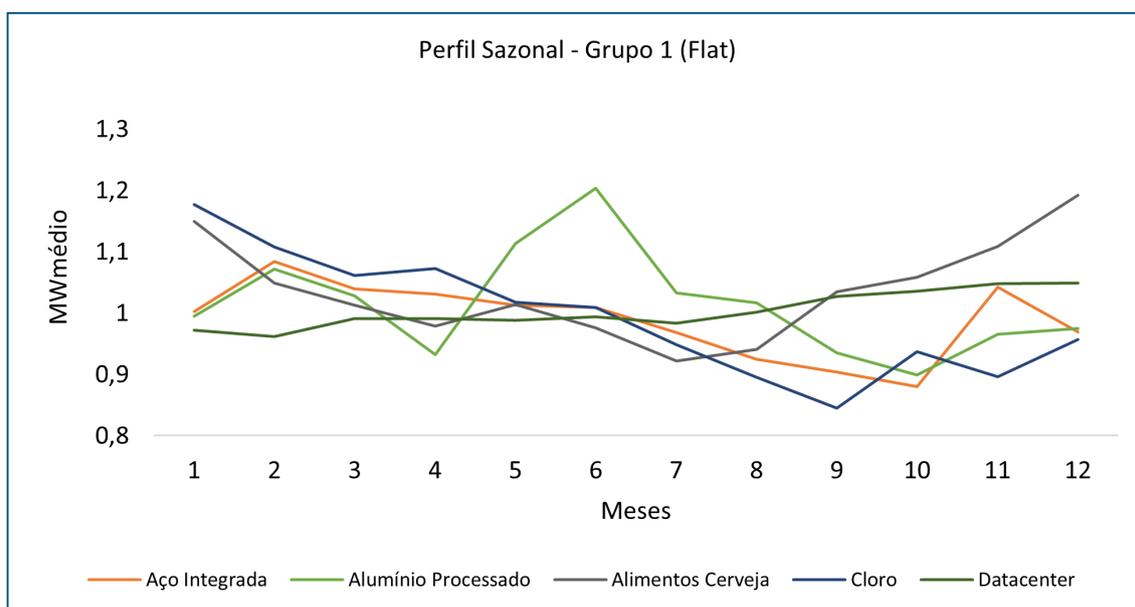


Figura 1 - Comportamento do consumo de energia elétrica sazonal, para os segmentos classificados como padrão de consumo flat (Elaboração própria a partir de [29]).

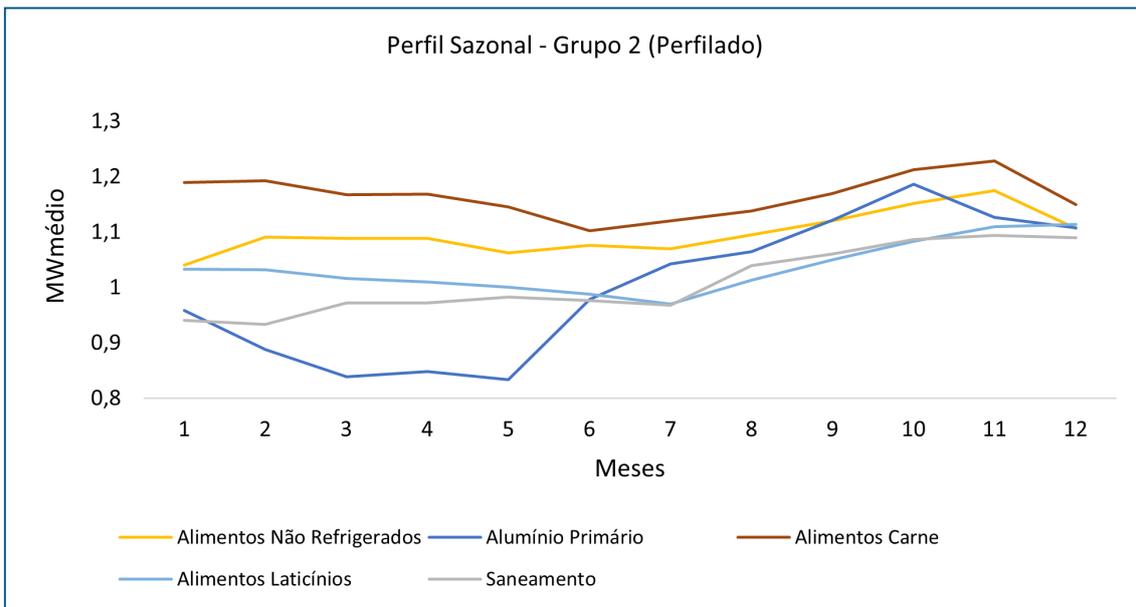


Figura 2 - Comportamento do consumo de energia elétrica sazonal, para os segmentos classificados como padrão de consumo perfilado (Elaboração própria a partir de [29]).

Na Figura 3, observa-se o perfil sazonal com padrão de consumo afundamento, ele contempla os segmentos de aço, aço integrado, cimento e papel. Neste caso, tem-se os usos finais de energia aquecimento direto e força motriz. Este padrão de consumo implica em setores com

processo produtivo com flexibilidade mediana, uma vez que possuem a flexibilidade caracterizada por uma faixa de tempo específica com horizonte de análise, neste caso, no último bimestre do ano.

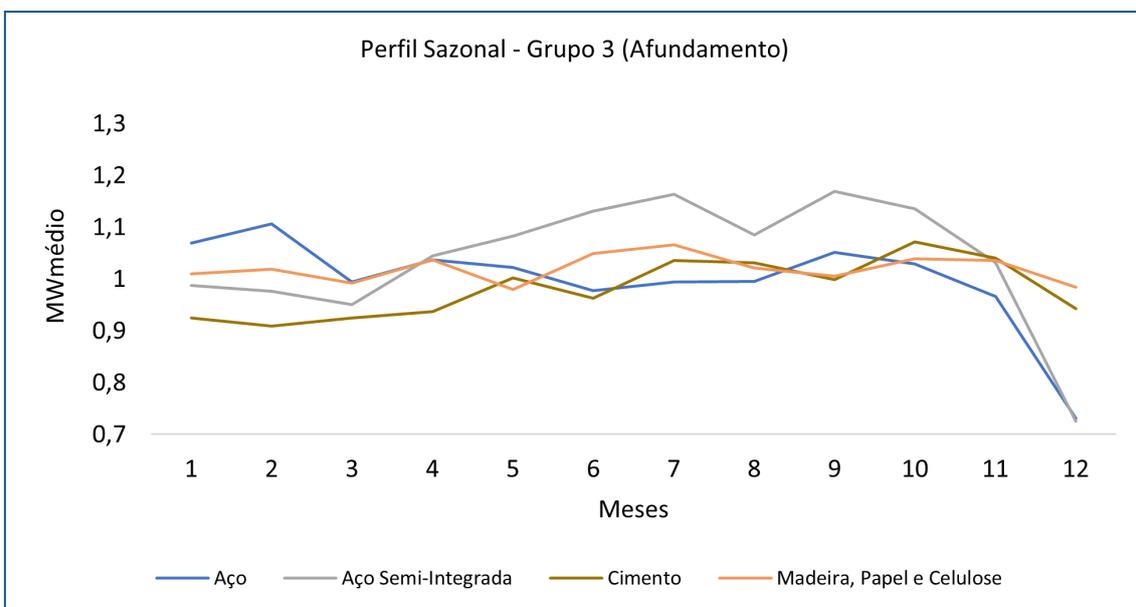


Figura 3 - Comportamento do consumo de energia elétrica sazonal, para os segmentos classificados como padrão de consumo afundamento (Elaboração própria a partir de [29]).

5.1.2 Perfil horário

O perfil de consumo horário é caracterizado por apresentar o consumo médio horário para o período de 24 horas, ou seja, representa o comportamento típico de consumo durante um dia. Nos gráficos ilustrados na Figura 4, Figura 5 e Figura 6, apresenta-se o comportamento de consumo de energia elétrica para o perfil horário, para os padrões de consumo flat, perfilado e afundamento, respectivamente.

Conforme exposto na Figura 4, o perfil horário com padrão de consumo flat contempla os segmentos do aço integrado, alumínio processado e primário, alimentos cerveja, cloro e data center.

Nota-se que, neste caso, houve uma mescla de segmentos que possuem os vários tipos de uso final de energia como principal consumidor de eletricidade, como força motriz, eletroquímico e refrigeração.

Ressalta-se que estes seriam os segmentos com baixa flexibilidade do processo produtivo, considerando o comportamento do consumo típico ao longo de um dia.

Já pela Figura 5, verifica-se que o perfil horário com padrão de consumo perfilado contempla os segmentos de alimentos não refrigerados, alimentos carnes, alimentos laticínios e o saneamento. Estes seriam os segmentos com maior flexibilidade em seus processos produtivos, em que se nota, por exemplo, o potencial de deslocamento do consumo em períodos antes das 10 horas e após às 17 horas, além de aparentemente serem segmentos habituados a reduzir a intensidade da produção em determinados períodos. Observa-se que há predominância dos usos finais de energia refrigeração e, em seguida, força motriz.

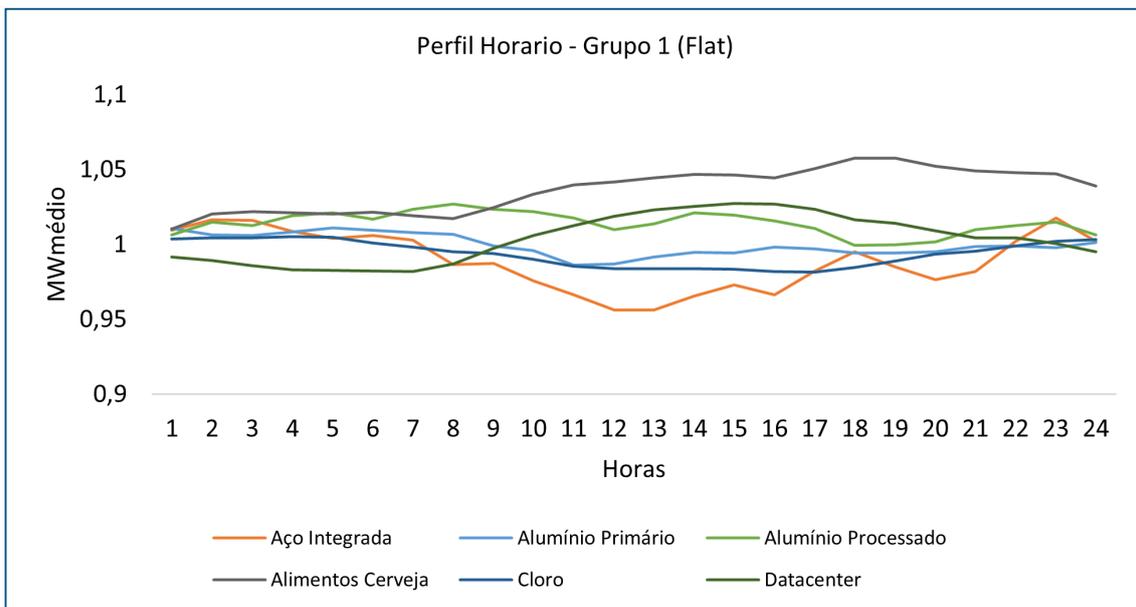


Figura 4 – Comportamento do consumo de energia elétrica horário, para os segmentos classificados como padrão de consumo flat (Elaboração própria a partir de [29]).

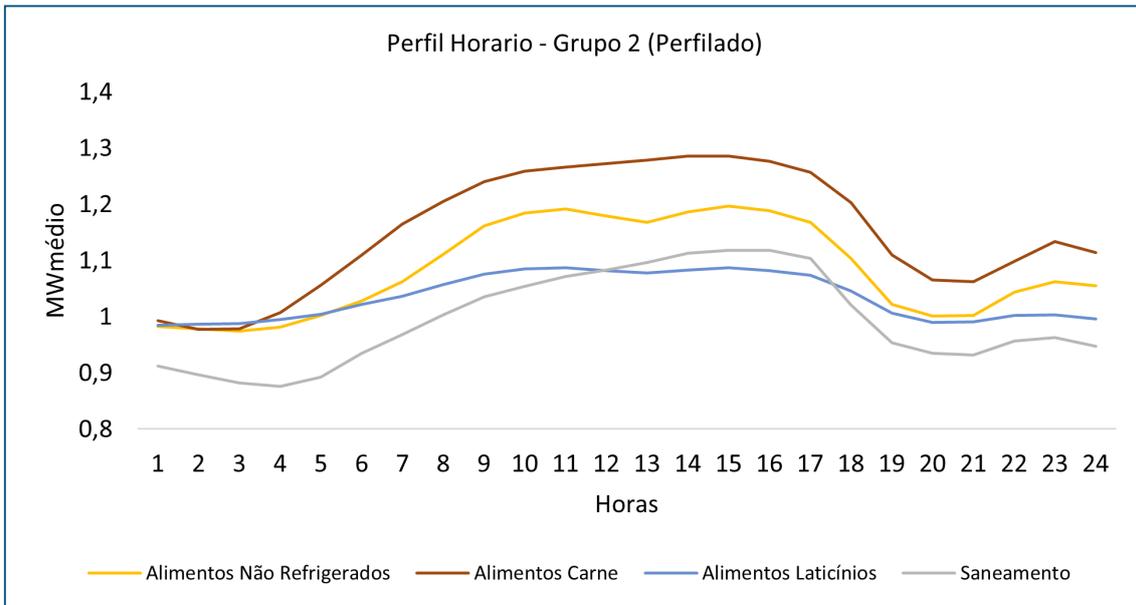


Figura 5 - Comportamento do consumo de energia elétrica horário, para os segmentos classificados como padrão de consumo perfilado (Elaboração própria a partir de [29]).

Na Figura 6, observa-se o perfil horário com padrão de consumo afundamento, ele contempla os segmentos de aço e aço integrado, cimento e papel. Neste caso, tem-se os usos finais de energia aquecimento direto e força motriz. Este padrão de consumo implica em setores com processo produtivo com flexibilidade mediana, uma vez que possuem a flexibilidade caracterizada por uma faixa de tempo específica com horizonte de análise, neste caso, o período entre às 18 e 22 horas.

Este afundamento também pode ser originado pelo uso da geração própria neste período, outro aspecto relevante no âmbito da resposta da demanda.

Contudo, no caso do segmento de aço integrado, foi esclarecido durante as entrevistas que o afundamento se deve à tendência de paradas diárias de manutenção no período das 17 às 20 horas.

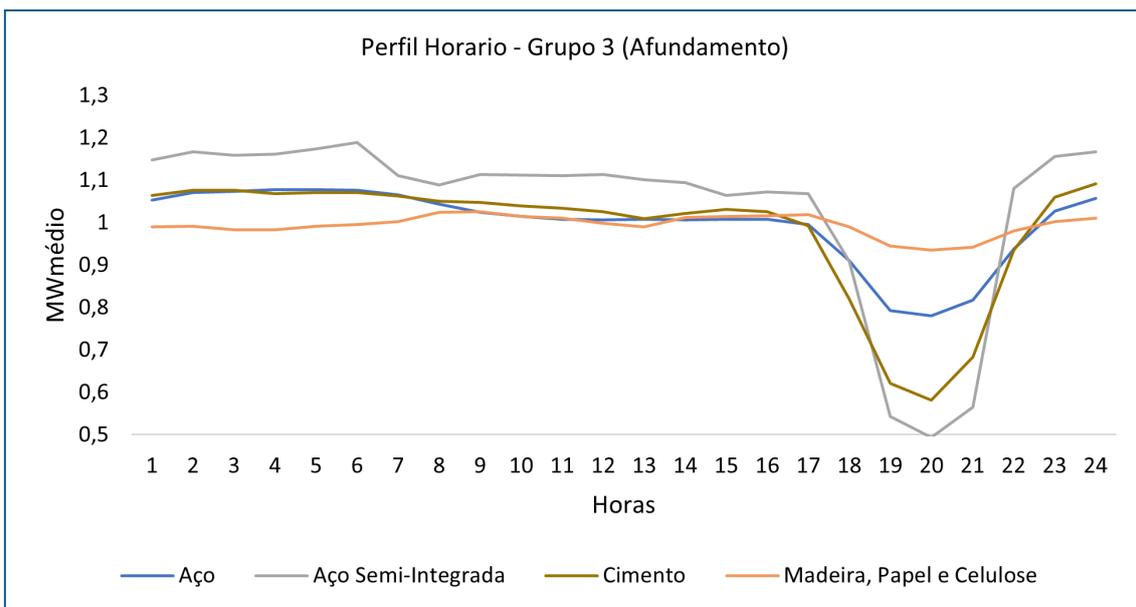


Figura 6 - Comportamento do consumo de energia elétrica horário, para os segmentos classificados como padrão de consumo afundamento (Elaboração própria a partir de [29]).

5.1.3 Resumo perfil e padrão de consumo

Na Tabela 17 apresenta-se o resumo dos perfis e padrões de consumo para cada segmento e grau de flexibilidade do processo atribuído. Verifica-se que, de modo geral, os segmentos apresentaram o mesmo padrão de consumo nos perfis sazonal e horário, em que a única exceção foi o segmento de alumínio primário, que apresentou padrão e consumo perfilado na análise sazonal, já no caso do comportamento horário o padrão de consumo foi flat.

Conclui-se que, em termos de flexibilidade do processo produtivo aferida somente pela análise das curvas de comportamento do consumo de eletricidade dos segmentos sob análise, aqueles com maior flexibilidade são: saneamento, alimentos não refrigerados, alimentos laticínios e carnes. A flexibilidade mediana pode ser atribuída aos segmentos: aço semi-integrado, cimento, papel e alumínio primário. Por fim, os segmentos com flexibilidade mais baixa seriam: alumínio processado, cloro, data center, alimentos cerveja e aço integrado.

Tabela 17 – Resumo dos perfis e padrões de consumo para cada segmento e atribuição do grau de flexibilidade (Elaboração própria).

Segmento	Uso Final de Energia	Padrão de Consumo Perfil Sazonal	Grado de flexibilidade Sazonal	Padrão de Consumo Perfil Horário	Grado de Flexibilidade Horário
Aço Semi-Integrada	Aquecimento Direto	Afundamento	Média	Afundamento	Média
Cimento	Força Motriz	Afundamento	Média	Afundamento	Média
Madeira, Papel e Celulose	Força Motriz	Afundamento	Média	Afundamento	Média
Alumínio Processado	Força Motriz	Flat	Baixa	Flat	Baixa
Cloro	Eletroquímico	Flat	Baixa	Flat	Baixa
Data center	Refrigeração	Flat	Baixa	Flat	Baixa
Alimentos Cerveja	Refrigeração	Flat	Baixa	Flat	Baixa
Aço Integrada	Força Motriz	Flat	Baixa	Flat	Baixa
Alumínio Primário	Eletroquímico	Perfilado	Alta	Flat	Baixa
Alimentos Carne	Refrigeração	Perfilado	Alta	Perfilado	Alta
Alimentos Laticínios	Refrigeração	Perfilado	Alta	Perfilado	Alta
Alimentos Não Refrigerados	Força Motriz	Perfilado	Alta	Perfilado	Alta
Saneamento	Força Motriz	Perfilado	Alta	Perfilado	Alta

5.2 Custos com energia elétrica

Neste tópico, o assunto custos é retomado para discutir especificamente o custo com aquisição de energia elétrica utilizada na produção. Isso se faz necessário tendo em vista que a resposta da demanda pode impactar diretamente nestes custos tanto positivamente, devido a redução do consumo, quanto negativamente, em função de um deslocamento da produção para um período de tarifas de energia elétrica mais alta, por exemplo. Além disso, no caso brasileiro, a contabilização e liquidação da remuneração vinculada à resposta da demanda tende a ser realizada no ambiente da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e, conseqüentemente, fica atrelada a outras operações de energia elétrica das empresas, podendo, portanto, representar um abatimento no custo com eletricidade.

Assim, na Tabela 18, apresenta-se o custo absoluto de aquisição de energia elétrica e seu peso em relação aos custos diretos da produção para os segmentos objeto de estudo desse trabalho. Verifica-se que o segmento do cloro se destaca como o que o peso do custo com energia elétrica possui maior representatividade em relação aos custos diretos com produção, com 71%. Já para os outros segmentos, o peso do custo com eletricidade varia entre 16% no abastecimento de água, e 29% no segmento de bebidas.

Tabela 18 – Custo com aquisição de energia elétrica utilizada na produção e seu peso em relação aos custos direto com produção (Elaboração própria a partir de [39], [41] e [42]).

Segmento	Custo com aquisição da Energia elétrica (R\$)	Peso do custo com energia elétrica
Alimentos	R\$ 9.356.099.000	27%
Bebidas	R\$ 953.969.000	29%
Aço	R\$ 3.747.960.000	24%
Alumínio	R\$ 1.402.691.000	23%
Cloro	R\$ 326.558.000	71%
Papel	R\$ 1.112.692.000	24%
Cimento	R\$ 941.838.000	22%
Data center	R\$ 437.373.600	20%
Abastecimento de Água	R\$ 7.400.000.000	16%

6. Rotas de resposta da demanda

Com base, sobretudo, nas informações acerca dos processos produtivos apresentados no caderno anterior deste projeto e nos tópicos 2, 3 e 4 deste relatório, propõe-se, inicialmente, que é possível nomear quatro rotas principais para avaliação do potencial de resposta da demanda, sendo elas: (i) interrupção da produção; (ii) deslocamento temporal da produção; (iii) inércia térmica; e (iv) geração própria de eletricidade. Nesta etapa, desenvolve-se uma metodologia para avaliar qualitativamente o quão propenso estariam os segmentos industriais estudados a essas rotas de resposta da demanda.

6.1 Definição das rotas de resposta da demanda

i. Interrupção da produção:

A interrupção da produção pode ser descrita como uma medida que reduz o volume agregado de produto efetivamente produzido em determinado período, ou seja, não há a recuperação do volume de produção perdido em função de uma ação para prover a resposta da demanda.

ii. Deslocamento temporal da produção:

O deslocamento temporal da produção consiste na redução do volume de produção em determinado período para realizar a resposta da demanda. Contudo, no curto prazo, há o aumento da atividade produtiva em outro período de forma a compensar o que foi perdido para executar a ação de resposta da demanda.

iii. Inércia Térmica

A medida para implementar a resposta da demanda denominada inércia térmica está intimamente relacionada aos processos dependentes do controle de temperatura, como a refrigeração. Trata-se da ação de reduzir o set point de temperatura dos equipamentos responsáveis pela climatização durante determinado período, aproveitando a capacidade do ambiente em manter a temperatura em níveis aceitáveis de operação durante o período de acionamento do produto de resposta da demanda.

iv. Geração própria de eletricidade

Por fim, tem-se a rota definida como geração própria de eletricidade, que consiste em um gerador de energia elétrica próprio responsável por atender a demanda da planta quando desejado. Ele pode compor um sistema conectado à rede ou ser totalmente independente. Assim, pode-se afirmar que se enquadram nesse conceito os sistemas de cogeração, gerador para backup e locação de geradores.

6.2 Metodologia de identificação de propensão às rotas de resposta da demanda e resultados

Deseja-se compreender a propensão de cada segmento às rotas de resposta da demanda propostas e, para tanto, utiliza-se desde os resultados apresentados nos cadernos anteriores do projeto, como estudos de casos internacionais, características gerais sobre os segmentos sob análise (em relação a pulverização do segmento em termos de quantidade de plantas industriais, distribuição regional da produção etc.), as peculiaridades do processo produtivo e como ocorre o uso da energia elétrica dentro de cada indústria. Bem como as informações levantadas neste documento, sobre as possíveis flexibilidades do processo produtivo embasadas pelas entrevistas com as indústrias, noções sobre automação e estocagem, dados de receitas e custos, além dos insights provenientes das curvas de consumo de energia elétrica dos segmentos.

6.2.1 Análise qualitativa de propensão dos seguimentos à rota de RD interrupção da produção

Para averiguar a propensão dos segmentos em relação a rota interrupção da produção, considerou-se uma avaliação do potencial das ações de flexibilidade estudadas na Tabela 2, Tabela 3 e Tabela 4. Adicionalmente, levou-se em consideração os insights provenientes das curvas de carga apresentados na Tabela 17 e sobre o conceito de estocagem dissertado no início deste relatório, bem como o quanto o segmento é pulverizado em quantidade de players e os resultados da análise das entrevistas sumarizados na Tabela 8 e Tabela 9.

Utilizou-se valores de 1 a 3 para classificar as informações analisadas, onde 1 é baixo, conotação mais negativa à resposta da demanda; 2 é médio; e 3 é alto, conotação mais positiva à resposta da demanda, e a média ponderada das análises para obter o resultado. Na Tabela 19 apresenta-se o resultado da análise qualitativa da propensão dos segmentos às rotas de resposta da demanda interrupção da produção. O resultado é obtido a partir da seguinte metodologia:

Para a interrupção da produção (medida potencialmente mais crítica para indústria):

- Se o resultado é menor ou igual 2,2 atribui-se classificação baixa;
- Se o resultado é maior que 2,2 e menor ou igual 2,8, atribui-se a classificação média;
- Se o resultado é maior que 2,8 atribui-se classificação alta.

Tabela 19 – Análise qualitativa da propensão dos segmentos às rotas de RD interrupção da produção (Elaboração própria).

Segmento	Mapeamento teórico do Potencial Flexibilidade processo (peso 1)	Curva de carga (peso 1)	Pulverização de mercado (peso 2)	Potencial de estocagem (peso 2)	Medidas de RD em função das Entrevistas (peso 3)	Resultado (média ponderada)	Interrupção da produção
Alimentos Não Refrigerados	1	3	3	2	2	2,22	Média
Cimento	2	2	3	2	1	1,89	Baixa
Alimentos Refrigerados	1	2	3	1	2	1,89	Baixa
Saneamento	2	3	1	3	1	1,78	Baixa
Alumínio Processado	2	1	2	3	1	1,78	Baixa
Papel	2	2	2	2	1	1,67	Baixa
Aço Integrada	1	1	2	3	1	1,67	Baixa
Cloro	2	2	1	3	1	1,67	Baixa
Aço Semi-Integrada	1	2	1	3	1	1,56	Baixa
Alumínio Primário	2	2	1	2	1	1,44	Baixa
Data center	1	1	2	1	1	1,22	Baixa

Nota-se que as variáveis “concentração de mercado” e “potencial de estocagem” são as que receberam peso 2 na análise, uma vez que são as variáveis que contemplam informações mais assertivas sobre a possibilidade de redução da produção.

A variável “medidas de resposta da demanda em função das Entrevistas” recebeu peso 3 e foi avaliada em função dos resultados apresentados nas Tabelas 8 e 9.

Para avaliação dessa variável, atribui-se nota 2 para os segmentos que possuíam ao menos uma medida validada ou potencial de prover resposta da demanda considerando a perda da produção, enquanto o peso 1 foi atribuído para os segmentos que não apresentaram nenhuma ação de resposta da demanda nesse sentido. Já o peso 3 seria em caso de mais de uma medida de resposta da demanda vinculada à perda de produção.

6.2.2 Análise qualitativa de propensão dos segmentos à rota de RD deslocamento da produção

Para averiguar a propensão dos segmentos em relação a rota deslocamento da produção, considerou-se uma metodologia de avaliação parecida com a que foi apresentada para a rota interrupção da produção. A principal diferença consiste no fato de que o peso 2 foi atribuído às variáveis “mapeamento potencial flexibilidade processo” e “curva de carga”. Idealizou-se que essas variáveis traduzem melhor o conceito do potencial de deslocamento da produção do que as outras. Ressalta-se também que a variável “mapeamento potencial flexibilidade processo” foi avaliada de forma diferente para essa rota em relação à anterior, uma vez que a análise de cada uma é customizada para representar as características exclusivas de cada rota.

Já a variável “medidas de RD em função das entrevistas”, assim como no tópico anterior, recebeu peso 3 e foi avaliada apenas em função dos resultados da Tabela 8. Para avaliação dessa variável, atribui-se nota 2 para aqueles segmentos que possuem ao menos uma medida validada em relação ao deslocamento da produção, e nota 3 para aqueles com mais de uma medida nesse sentido.

Na Para o deslocamento temporal da produção (medida potencialmente menos crítica para indústria): se o resultado é menor ou igual 1,8 atribui-se classificação baixa, se o resultado é maior que 1,8 e menor ou igual 2,5, atribui-se a classificação média, se o resultado é maior que 2,5 atribui-se classificação alta. apresenta-se o resultado da análise qualitativa da propensão dos segmentos a rota de resposta da demanda deslocamento da produção. O resultado é obtido a partir da seguinte metodologia:

Para o deslocamento temporal da produção (medida potencialmente menos crítica para indústria):

- Se o resultado é menor ou igual 1,8 atribui-se classificação baixa;
- Se o resultado é maior que 1,8 e menor ou igual 2,5, atribui-se a classificação média;
- Se o resultado é maior que 2,5 atribui-se classificação alta.

Tabela 20 – Análise qualitativa da propensão dos segmentos às rotas de RD deslocamento temporal da produção (Elaboração própria).

Segmento	Mapeamento Potencial Flexibilidade processo (peso 2)	Curva de carga (peso 2)	Concentração de mercado (peso 1)	Potencial de estocagem (peso 1)	Medidas de RD em função das Entrevistas (peso 3)	Resultado (média ponderada)	Deslocamento temporal da produção
Aço Semi-Integrada	2	3	2	3	3	2,67	Alta
Papel	2	3	1	3	3	2,56	Alta
Cimento	3	2	3	1	3	2,56	Alta
Alimentos Refrigerados	2	2	3	2	3	2,44	Média
Alumínio Processado	2	2	1	3	3	2,33	Média
Alumínio Primário	2	2	1	3	3	2,33	Média
Aço Integrada	2	1	2	3	3	2,22	Média
Cloro	2	2	1	2	3	2,22	Média
Data center	1	3	3	2	2	2,11	Média
Saneamento	3	1	2	3	2	2,11	Média
Alimentos Não Refrigerados	1	2	2	2	3	2,11	Média

6.2.3 Análise qualitativa de propensão dos segmentos à rota de RD inércia térmica

Na Análise qualitativa da propensão dos segmentos a rota de RD inércia térmica (Elaboração própria) apresenta-se o resultado da análise qualitativa da propensão dos segmentos a rota de resposta da demanda inércia térmica. Neste caso, avaliou-se medidas potenciais de flexibilidade vinculadas a esta ação e se tipo de uso final de energia elétrica mais relevante está associado ao controle de temperatura. Nota-se que os segmentos do data center receberam classificação Alta, pois têm como uso final a refrigeração e as potenciais ações de flexibilidade estão associadas à inércia térmica. O segmento de aço semi-integrado possui uso final associado a controle de temperatura o aquecimento direto, mas não foram encontradas medidas potenciais de flexibilidade neste contexto.

Tabela 21 – Análise qualitativa da propensão dos segmentos a rota de RD inércia térmica (Elaboração própria).

Segmento	Mapeamento Potencial Flexibilidade processo	Uso Final de Energia	Inércia Térmica
Data center	3	Refrigeração	Alta
Alimentos Refrigerados	3	Refrigeração	Alta
Cimento	1	Força Motriz	Baixa
Papel	1	Força Motriz	Baixa
Aço Integrada	1	Força Motriz	Baixa
Alimentos Não Refrigerados	1	Força Motriz	Baixa
Saneamento	1	Força Motriz	Baixa
Alumínio Processado	1	Força Motriz	Baixa
Alumínio Primário	1	Eletroquímico	Baixa
Cloro	1	Eletroquímico	Baixa
Aço Semi-Integrada	1	Aquecimento Direto	Média

6.2.4 Análise qualitativa de propensão dos segmentos à rota de RD geração própria de eletricidade

Na Tabela 22 apresenta-se o resultado da análise qualitativa da propensão dos segmentos a rota de resposta da demanda à geração própria de eletricidade. Neste contexto, avaliou-se informações contidas nas curvas de carga que sugerem haver uso de geração própria, bem como uma pesquisa bibliográfica do quão propenso esses segmentos estão à autogeração e os resultados das entrevistas apresentados na Tabela 8 e Tabela 9.

Nesta análise, optou-se por classificar o resultado em função do maior valor entre as três variáveis estudadas, ou seja, basta uma delas receber nota 3 para que o resultado seja nível “Alto”, e assim por diante.

Tabela 22 – Análise qualitativa da propensão dos segmentos a rota de RD geração própria. (Elaboração própria a partir de [2], [44] e [45]).

Segmento	Curva de carga	Mapeamento Potencial Autogeração (Pesquisa)	Mapeamento Potencial Autogeração (Entrevistas)	Geração Própria
Papel	2	1	3	Alta
Aço Integrada	1	3		Alta
Saneamento	1	1		Baixa
Alumínio Processado	1	1		Baixa
Alumínio Primário	1	1		Baixa
Aço Semi-Integrada	1	1		Baixa
Data center	1	2		Média
Alimentos Refrigerados	1	2	1	Média
Cimento	2	2		Média
Alimentos Não Refrigerados	1	2		Média
Cloro	1	1	2	Média

6.3 Resumo da propensão às rotas de resposta da demanda

Na Resumo do resultado de propensão as rotas de RD (Elaboração própria) apresenta-se o resumo dos resultados expostos nos subtópicos anteriores de forma agrupada, com intuito de observar o cenário geral de propensão às rotas de resposta da demanda em relação a todos os segmentos analisados.

O segmento com classificação mais alta no âmbito da rota interrupção da produção foi apenas o de alimentos não refrigerados, com classificação média. A rota deslocamento temporal foi a que obteve melhor resultado em termos de propensão dos segmentos, uma vez que os setores de papel, cimento e aço semi-integrado, receberam nível alto e os segmentos restantes nível médio.

Para o caso da rota inércia térmica, como ressaltado durante a descrição da sua metodologia de análise, destacam-se os setores mais susceptíveis ao controle de temperatura, alimentos refrigerados, data center e aço semi-integrado. No quesito rota geração própria, destacam-se os segmentos de aço integrado e papel, com classificação alta, e em seguida, com classificação média: alimentos não refrigerados, cimento, alimentos refrigerados, data center e cloro, uma vez que são setores com potencial de implementar a cogeração ou locação de geradores.

Tabela 23 – Resumo do resultado de propensão as rotas de RD (Elaboração própria).

Segmento	Uso Final de Energia	Interrupção da produção	Deslocamento temporal da produção	Inércia Térmica	Geração Própria
Papel	Força Motriz	Baixa	Alta	Baixa	Alta
Cimento	Força Motriz	Baixa	Alta	Baixa	Média
Aço Integrada	Força Motriz	Baixa	Média	Baixa	Alta
Data center	Refrigeração	Baixa	Média	Alta	Média
Alimentos Refrigerados	Refrigeração	Baixa	Média	Alta	Média
Alimentos Não Refrigerados	Força Motriz	Média	Média	Baixa	Média
Aço Semi-Integrada	Aquecimento Direto	Baixa	Alta	Média	Baixa
Cloro	Eletroquímico	Baixa	Média	Baixa	Média
Saneamento	Força Motriz	Baixa	Média	Baixa	Baixa
Alumínio Processado	Força Motriz	Baixa	Média	Baixa	Baixa
Alumínio Primário	Eletroquímico	Baixa	Média	Baixa	Baixa

7. Adequação aos produtos de resposta da demanda

Após analisar qualitativamente a propensão dos segmentos às rotas de resposta da demanda, entende-se ser necessário estudar o quanto cada segmento se adequa aos produtos de resposta da demanda propostos no caderno anterior desse projeto. Os produtos determinados foram denominados: (i) Produto Demanda Ponta e (ii) Produto Demanda Média.

Recorda-se que o Produto Demanda Ponta possui como principal característica atender a ponta do sistema, o que requer um acionamento de curto prazo feito pelo operador visando a redução de demanda em horas específicas do dia seguinte. Por definição, considera-se que é um produto mais difícil para o consumidor atender.

O Produto Demanda Média possui como principal característica a redução da demanda média em um determinado período, entregue e verificado dentro de uma semana. Logo, a indústria ofertante teria um determinado compromisso de redução de energia e poderia se programar para executar a redução do montante negociado da forma que melhor lhe convier dentro deste período. Por definição, entende-se ser um produto mais fácil de atender por parte do consumidor do que o anterior.

7.1 Metodologia de análise de adequação dos segmentos aos produtos de resposta da demanda e resultados

Para avaliar a adequação dos segmentos aos produtos de resposta da demanda, optou-se por utilizar como referência as informações de propensão às rotas de resposta da demanda, sendo que quanto mais propenso um segmento está a uma determinada rota de resposta da demanda e as rotas como um todo, mais ele se adequaria a prover os produtos de resposta da demanda. Utiliza-se também como premissa o conceito de que o produto Demanda Ponta é mais complexo para o consumidor atender em relação ao produto Demanda Média.

Inicialmente, utilizou-se valores de 1 a 3 para classificar as informações sobre propensão às rotas de resposta da demanda apresentadas na Resumo do resultado de propensão as rotas de RD (Elaboração própria), onde 1 é baixo, conotação mais negativa à resposta da demanda; 2 é médio; e 3 é alto, conotação mais positiva à resposta da demanda. O resultado é a média ponderada dessas classificações. Nota-se que as variáveis “deslocamento temporal da produção” e “geração própria” receberam peso 2 na análise, uma vez que, conforme resultados das entrevistas discutidas na seção 3 deste trabalho, são rotas com maior potencial de ação de resposta da demanda por parte das indústrias.

O resultado é então avaliado dentro de uma faixa para definir o quanto cada segmento se adequaria a cada produto. A faixa proposta consiste em:

- Para o produto demanda ponta: se o resultado for menor ou igual 2, atribui-se classificação baixa; se o resultado for maior do que 2 e menor ou igual a 2,8, atribui-se a classificação média; e se o resultado for maior que 2,8, atribui-se classificação alta.
- Para o produto demanda média: se o resultado for menor do que 1,5, atribui-se classificação baixa; se o resultado for maior do que 1,5 e menor ou igual a 2,5, atribui-se a classificação média; e se o resultado for maior do que 2,5 atribui-se classificação alta.

7.2 Resultados da análise de adequação dos segmentos aos produtos de resposta da demanda

Na Tabela 24 apresenta-se o processo de avaliação e o resultado da análise qualitativa proposta de adequação dos segmentos aos produtos de resposta da demanda, demanda ponta e demanda média.

Verifica-se que, pela metodologia proposta, nenhum segmento obteve classificação acima do nível médio. Os segmentos que receberam classificação baixa de adequação aos dois produtos foram: alumínio processado, alumínio primário, cloro e aço semi-integrado.

Já os segmentos que apresentaram ao menos classificação média para o produto demanda média foram: data centers, alimentos refrigerados, cimento, papel, aço integrado e saneamento. Por fim, o segmento que mais se destacou em termos de adequação aos produtos foi o de alimentos e bebidas.

Tabela 24 – Análise qualitativa de adequação dos segmentos aos produtos propostos de resposta da demanda (Elaboração própria)

Segmento	Uso Final de Energia	Interrupção da produção (peso 2)	Deslocamento temporal da produção (peso 2)	Inércia Térmica (peso 1)	Geração Própria (peso 2)	Resultado (média ponderada)	Produto RD Demanda ponta	Produto RD Demanda média
Papel	Força Motriz	1	3	1	3	2,50	Média	Alta
Cimento	Força Motriz	1	3	1	2	2,13	Média	Média
Aço Integrada	Força Motriz	1	2	1	3	2,13	Média	Média
Data center	Refrigeração	1	2	3	2	2,00	Média	Média
Alimentos Refrigerados	Refrigeração	1	2	3	2	2,00	Média	Média
Alimentos Não Refrigerados	Força Motriz	2	2	1	2	1,88	Média	Média
Aço Semi-Integrada	Aquecimento Direto	1	3	2	1	1,88	Média	Média
Cloro	Eletroquímico	1	2	1	2	1,75	Baixa	Média
Saneamento	Força Motriz	1	2	1	1	1,38	Baixa	Baixa
Alumínio Processado	Força Motriz	1	2	1	1	1,38	Baixa	Baixa
Alumínio Primário	Eletroquímico	1	2	1	1	1,38	Baixa	Baixa

8. Conclusão

Este relatório apresentou uma análise geral sobre flexibilidade do processo produtivo de segmentos predefinidos para o estudo, e contemplou também uma breve discussão sobre automação, estocagem e padrões de operação em relação à variável temperatura. Estas análises levaram em consideração pesquisa bibliográfica e entrevistas com indústrias.

Em seguida, analisou-se receitas e custos associados à atividade industrial, bem como o custo específico com aquisição de energia elétrica. Neste documento, também foi apresentado curvas de consumo de energia elétrica para cada segmento e, por fim, definiu-se as rotas de resposta da demanda e a propensão das indústrias a elas. Logo, em função desses resultados, foi possível avaliar a adequação dos segmentos aos produtos de resposta da demanda.

A análise de flexibilidade dos processos produtivos agregou em insights importantes sobre como as operações industriais poderiam prover a resposta da demanda. Uma das importantes conclusões nessa etapa está relacionada aos tipos de flexibilidade mapeados, os quais se resumem em: (i) interrupção da produção; (ii) deslocamento temporal da produção; (iii) inércia térmica; e (iv) geração própria de eletricidade. Estes tipos de ações mapeados serviram também como referência para definição e análise das rotas de resposta da demanda. Ainda no tópico sobre flexibilidade, discorreu-se acerca do tema estocagem de matéria prima e produtos para cada segmento, o que proporcionou uma percepção geral do quanto esta ação poderia ser utilizada para auxiliar a resposta da demanda.

Em relação às entrevistas realizadas com as empresas dos segmentos que envolvem as análises desse projeto, houve retorno de nove indústrias, sendo que com seis delas foi possível realizar conversas de longa duração, em torno de uma hora, para as quais aplicou-se o roteiro descrito no Anexo 1. Foram entrevistadas empresas dos segmentos alimentos, extração mineral, petroquímicos, papel e celulose e aço. A partir disto, foi possível avaliar informações sobre medidas gerais de gestão de energia e o interesse geral delas em resposta da demanda, além da obtenção de informações para validação dos aspectos sobre o processo produtivo e principais de tipos de medidas para implementar a resposta da demanda.

Nestas conversas, avaliou-se também considerações sobre custos e remuneração e como cada indústria se adequaria aos produtos de resposta da demanda propostos. Assim, pode-se afirmar que as principais conclusões das entrevistas são que: as indústrias têm interesse em participar em programas de resposta da demanda, mas não como uma ação estratégica da empresa, estando muito vinculado ao custo-benefício da operação de resposta da demanda em si. De modo geral, para entregar a resposta da demanda, as empresas buscam medidas de deslocamento temporal da produção ou uso da geração própria, e a possibilidade de perda de produção não é considerada. Neste sentido, as indústrias são mais propensas a entregar o produto demanda média do que o produto demanda ponta.

Em seguida, a análise de receitas e custos foi fundamental para criar uma ideia do quanto a ação de resposta da demanda, vinculada a uma parada de produção e consequente perda da produção, seria custosa para cada segmento. Como exemplo, tem-se que o lucro estimado para segmentos cuja produção é medida em toneladas (t), em que o lucro por unidade produzida variou de valores baixos, 126,39 R\$/t (indústria do cimento), até valores mais altos, atingindo 5.793,23 R\$/toneladas (indústria do alumínio). Além disso, analisou-se o peso do custo com aquisição de eletricidade em relação aos custos da atividade industrial, devido a relação da resposta da demanda com receitas e custos com energia elétrica, em que se verificou que o peso desses custos varia de 16% (abastecimento de água) até mais de 70% (cloro). Também foi abordado o tema custos atrelados à contração de equipe dedicada para atuar com a resposta da demanda dentro das indústrias, para o qual a análise dos custos médios com remuneração para cada segmento resultou em valores na faixa de R\$2.832 (segmento de alimentos) até R\$ 7.765 (segmento do cloro).

Destaca-se que os resultados obtidos nas análises das curvas de carga dos segmentos industriais, analisados para consumos típicos mensais e horários, foram classificados em três tipos de perfis distintos, flat (menor propensão à resposta da demanda), perfilado (maior propensão à resposta da demanda), e afundamento (média propensão à resposta da demanda). Verificou-se que, em termos de flexibilidade do processo produtivo aferida somente pela análise das curvas de comportamento do consumo de eletricidade, aqueles com maior flexibilidade são: saneamento, alimentos não refrigerados, alimentos laticínios e carnes. A flexibilidade mediana pode ser atribuída aos segmentos: aço semi-integrado, cimento, papel e alumínio primário. Por fim, os segmentos com flexibilidade mais baixa seriam: alumínio processado, cloro, data center, alimentos cerveja e aço integrado.

No que tange a propensão dos segmentos às rotas propostas de resposta da demanda, averiguou-se que os segmentos com classificação mais alta no âmbito da rota interrupção da produção foi o de alimentos não refrigerados. A rota deslocamento temporal foi a que obteve melhor resultado em termos de propensão dos segmentos, em que papel e cimento receberam classificação alta e todos os outros classificação média. Para o caso da rota inércia térmica, destacado na sua metodologia de análise, destacam-se como os setores mais susceptíveis ao controle de temperatura, o de alimentos refrigerados, data center e aço semi-integrado. No quesito rota geração própria, destacam-se os segmentos de aço integrado e papel com classificação alta e, em seguida, com classificação média: alimentos não refrigerados, cimento, alimentos refrigerados, cloro e data center.

Por fim, no quesito adequabilidade dos segmentos aos produtos de resposta da demanda, denominados Demanda Ponta e Demanda Média, conclui-se que os segmentos que receberam classificação baixa de adequação aos dois produtos foram: alumínio processado, alumínio primário e saneamento. Já os segmentos que apresentaram classificação média para os dois produtos foram: data centers, alimentos e bebidas, cimento, aço. Por fim, destaca-se que o segmento do papel recebeu classificação alta para o produto demanda média.

Enfatiza-se que as análises majoritariamente qualitativas apresentadas nesta etapa do projeto podem ser consideradas preliminares, e, portanto, carece de refinamentos, que serão realizados nos próximos entregáveis que compõem este projeto, o qual aprofunda em análises quantitativas. Além disso, é possível realizar trabalhos futuros sobre o tema que poderiam detalhar tópicos específicos apresentados.

Referências

- [1] [ABAL 2021] Associação Brasileira do Alumínio (ABAL) 2021. Anuário Estatístico Alumínio 2020. Disponível em: <https://abal.org.br/noticia/chegou-o-anuario-estatistico-2020-baixar-agora/>
- [2] [Faccioni 2016] Faccioni Filho, Mauro 2016. Conceitos e infraestrutura de data centers. Palhoça: UnisulVirtual. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319913948_Conceitos_e_infraestrutura_de_datacenters/link/59c165b9a6fdcc69b92bc1ef/download
- [3] [SNIS 2020] Sistema Nacional de http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf
- [4] [EPE 2017] Empresa de Pesquisa Energética (EPE) 2018. Análise da Eficiência Energética em Segmentos Industriais Selcionados: Segmento da Cadeia Siderúrgica. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/projeto-de-assistencia-tecnica-dos-setores-de-energia-e-mineral-projeto-meta>
- [5] [EPE 2017] Empresa de Pesquisa Energética (EPE) 2018. Análise da Eficiência Energética em Segmentos Industriais Selcionados: Segmento Celulose e Papel. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/projeto-de-assistencia-tecnica-dos-setores-de-energia-e-mineral-projeto-meta>
- [6] [SNIC 2019] Sindicato Nacional da Indústria do Cimento 2019. Road Tecnológico do Cimento. Disponível em: <http://snic.org.br/assets/pdf/roadmap/roadmap-tecnologico-do-cimento-brasil.pdf>
- [7] [EPE 2017] Empresa de Pesquisa Energética (EPE) 2018. Análise da Eficiência Energética em Segmentos Industriais Selcionados: Segmento Químico. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/projeto-de-assistencia-tecnica-dos-setores-de-energia-e-mineral-projeto-meta>
- [8] [EPE 2017] Empresa de Pesquisa Energética (EPE) 2018. Análise da Eficiência Energética em Segmentos Industriais Selcionados: Segmento Alimentos e Bebidas. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/projeto-de-assistencia-tecnica-dos-setores-de-energia-e-mineral-projeto-meta>
- [9] [EPRI 2013] Electric Power Research Institute 2013 (EPRI). Electricity Use and Management in the Municipal Water Supply and Wastewater Industries. Disponível em: https://www.sciencetheearth.com/uploads/2/4/6/5/24658156/electricity_use_and_management_in_the_municipal_water_supply_and_wastewater_industries.pdf
- [10] [GONG 2022] Gong, F., Chen, S., Tian, S., Qin, J., Zhang, H., Sun, B., Yuan, J., Jiang, L., Xu, Y., Wang, Y.: Integrated scheduling of hot rolling production planning and power demand response considering order constraints and TOU price. IET Gener. Transm. Distrib. 16, 2840– 2851 (2022), <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/gtd2.12412>
- [11] [OLSEN 2011] Olsen, D. (2011). Opportunities for Energy Efficiency and Demand Response in the California Cement Industry. Lawrence Berkeley National Laboratory. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/7856f8vn>
- [12] [GOLI 2011] Goli, Sasank, McKane, Aimee, and Olsen, Daniel. Demand Response Opportunities in Industrial Refrigerated Warehouses in California. United States: N. p., 2011. Web. Disponível em: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1050706>
- [13] [SNIS 2018] Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento 2018. Ações de assistência técnica em redução e controle de perdas de água e uso eficiente de energia elétrica. Disponível em : <http://www.snis.gov.br/downloads/publicacoes-acertar/perdas/Vol.5-Gestao-de-Energia.pdf>

- [14] [MARINHO 2019] Marinho D, Estudo da dissolução da alumina no banho eletrolítico na produção de alumínio primário em cubas de tecnologia VSS Soderberg, Dissertação Universidade de São Paulo, 2019 <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-20032019-101813/publico/DiegoCotaMarinhoCorr19.pdf>
- [15] [ENERGY SINAPSE 2020] Energy Sinapse, Demand response in the National Electricity Market, 2020. Disponível em: <https://esb-post2025-market-design.aemc.gov.au/32572/1608712640-energy-synapse-demand-response-in-the-nem-final-report-14-dec-2020.pdf>
- [16] [ABICLOR 2022] Abiclor, Tecnologias de produção, site acessado em Set, 2022. Link: <http://www.abiclor.com.br/tecnologias-de-producao/#:~:text=Hidrog%C3%AAnio%20E2%80%93%20%20hidrog%C3%AAnio%20%20recuperado,processo%20%20chamado%20de%20eletr%C3%B3lise>.
- [17] [EPE 2017] Empresa de Pesquisa Energética (EPE) 2018. Análise da Eficiência Energética em Segmentos Industriais Selccionados: Segmento Alumínio. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/projeto-de-assistencia-tecnica-dos-setores-de-energia-e-mineral-projeto-meta>
- [18] [ABICLOR 2020] Abiclor, Balanço socioeconômico da indústria de cloro-álcalis no Brasil, 2020. Disponível em: www.abiclor.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Abiclor_Balanco_socioeconomico_2020.pdf
- [19] [ALCAZAR-ORTEGA 2011] Alcazar-Ortega, M. (2011). Evaluation and Assessment of New Demand Response Products based on the use of Flexibility in Industrial Processes: Application to the Food Industry. https://www.researchgate.net/publication/50841341_Evaluation_and_Assessment_of_New_Demand_Response_Products_based_on_the_use_of_Flexibility_in_Industrial_Processes_Application_to_the_Food_Industry
- [20] [CODAI 2012], CODAI, Produção Alimentícia, Processamento de leite, 2012. Disponível em: https://pronatec.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2013/06/Processamento_de_Leite.pdf
- [21] [ROÇA] Roça R. Refrigeração, UNESP. <https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Roca108.pdf>
- [22] [GOV BRASIL 2020] RTIQ – Carneos e seus derivados 2020. Disponível em: <https://www.dourados.ms.gov.br/wp-content/uploads/2016/05/RTIQ-Carnes-completo.pdf>
- [23] [CETESB 2005] CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental; Cervejas e Refrigerantes 2005. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/wp-content/uploads/sites/20/2013/11/cervejas_refrigerantes.pdf
- [24] [GERDAU 2019] Gerdau, Conhecendo o Forno Elétrico a Arco. 2019. Disponível em: [https://www2.gerdau.com.br/blog-do-aco/acos-especiais/conhecendo-o-forno-eletrico-a-arco/#:~:text=Ele%20\(arco%20el%C3%A9trico\)%20%20controlado,calor%20para%20fundir%20o%20a%C3%A7o](https://www2.gerdau.com.br/blog-do-aco/acos-especiais/conhecendo-o-forno-eletrico-a-arco/#:~:text=Ele%20(arco%20el%C3%A9trico)%20%20controlado,calor%20para%20fundir%20o%20a%C3%A7o).
- [25] [EMBRAPA 2000] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Boa Práticas de Armazenagem na Indústria de Alimentos, 2000. Disponível em: <https://ainfo.cnpqia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34409/1/2000-DOC-0042.pdf>
- [26] [UFPA 2010] Universidade Federal do Pará – UFPA Princípios Das Operações Unitárias No Processamento De Alimentos, 2010. Disponível em: <https://ppgcta.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/documentos/Opera%C3%A7%C3%B5es%20unit%C3%A1rias%20no%20processamento%20de%20alimentos.pdf>
- [27] [HYSPEX 2013] Hyspex, Instruções sobre manuseio e estocagem de perfis, 2013. Disponível em: https://hyspex.com.br/wp-content/uploads/2013/12/INSTRU%C3%87%C3%95ES_SOBRE_MANUSEIO_E_ESTOCAGEM_DE_PERFIS.pdf
- [28] [UNIPAR 2022] UNIPAR, Processo de produção, Diagrama de nosso processo produtivo de cloro, soda e seus derivados, 2022. Disponível em: <https://www.unipar.com/processo-produtivo/>
- [29] [ALUTAL 2022] Alutal, Armazenamento de Celulose, 2022. Disponível em: <https://www.alutal.com.br/br/industrias-e-aplicacoes/papel-e-celulose/armazenamento-de-celulose>
- [30] [SUPRIVIX 2022] Suprivix, Cuidados para armazenamento de papel, 2022. Disponível em: <https://www.suprivix.com.br/blog/cuidados-para-armazenamento-de-papel/>

- [31] [ITAMBÉ 2008] Massa Cinzenta, Comento Itambé, Armazenagem do cimento, acessado 2022. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/armazenagem-do-cimento/>
- [32] [GIASSI 2022] Giassi Ferro & Aço, Como armazenar o aço corretamente, acessado em 2022. Disponível em: <https://giassiferroeaco.com.br/como-armazenar-o-aco-corretamente/>
- [33] [CST 2003] Companhia Siderúrgica de Tubarão, RT 100/03 – Caracterização do empreendimento. 2003. Disponível em: [https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/EIA/2003/Expans%C3%A3o%20do%20complexo%20sider%C3%BArgico%20de%20tubar%C3%A3o%207,5%20Mtano/11_RT%20100-03%20\(Empreendimento%20-%20B\).pdf](https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/EIA/2003/Expans%C3%A3o%20do%20complexo%20sider%C3%BArgico%20de%20tubar%C3%A3o%207,5%20Mtano/11_RT%20100-03%20(Empreendimento%20-%20B).pdf)
- [34] [IBGE 2020a] IBGE, PIA Produto, Pesquisa Industrial Anual – Produto, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html?=&t=destaques>
- [35] [INSTITUTO AÇO BRASIL 2022A] Instituto Aço Brasil 2022. A Siderurgia em Números 2022. Disponível em: https://acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2022/05/AcoBrasil_Mini_anuario_2022.pdf
- [36] [ABICLOR 2021]. Associação Brasileira da Indústria de Álcalis, Cloro e Derivados (ABICLOR). Relatório Estatístico Janeiro/Dezembro 2020. Disponível em: http://www.abiclor.com.br/wp-content/uploads/2021/04/Relatorio_Abiclor_JANEIRO_DEZEMBRO_2020.pdf
- [37] [IBÁ 2021] Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ). Relatório Annual Ibá 2021. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>
- [38] [MME 2021] Ministério de Minas e Energia (MME). Anuário Estatístico 2021: Setor de Transformação de Não Metálicos. Disponível: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes-1/anuario-estatistico-do-setor-metalurgico-e-do-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos/anuario-estatitico-2021-setor-de-transformacao-de-nao-metalicos-ano-base-2020.pdf/view>
- [39] [IBGE 2020b] IBGE, PIA Produto, Pesquisa Industrial Anual – Empresa, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9042-pesquisa-industrial-anual.html?=&t=destaques>
- [40] [TELECOM 2021] Anuário Telecom 2021. Disponível em: https://www.forumeditorial.com.br/wp-content/uploads/2021/08/anuario_telecom_2021.pdf
- [41] [IBGE 2020c] IBGE, PAS – Pesquisa Anual de Serviços, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/servicos/9028-pesquisa-anual-de-servicos.html?=&t=resultados>
- [42] [CCEE 2022] Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), Consumo. Acessado em 2022. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/dados-e-analises/consumo>
- [43] [SANTOS 2014] Santos B. Análise do desempenho térmico do enclausuramento de corretores em ambientes de data center, Projeto de Graduação 2014. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/8017/1/2014_BrennoKhappallaSantos.pdf
- [44] [Instituto Aço Brasil 2020] Instituto Aço Brasil 2020. Relatório de Sustentabilidade 2020. Disponível em: <https://www.acobrasil.org.br/relatoriodesustentabilidade/assets/pdf/PDF-2020-Relatorio-Aco-Brasil-COMPLETO.pdf>
- [45] [NETO 2018] Chagas Silvas Neto F. Acompanhamento do processo produtivo do cimento portland e avaliação da cogeração de energia na unidade fabril da Companhia Industrial de Cimento Apodi em Quixere-CE, 2018. Trabalho de conclusão de cursos. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/3688/2/FranciscoCSN_MONO.pdf
- [46] [AMBEV 2020] Ambev, Resultado do quarto trimestre e do ano de 2020 em IFRS. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/c8182463-4b7e-408c-9d0f-42797662435e/6d764136-8e2d-3c1c-fc46-1dd0d66a93f0?origin=2>

Anexo A – Roteiro da entrevista

1. Nome do respondente.
2. Qual empresa (do setor industrial) você representa?
3. Qual destes setores melhor descreve o principal ramo de atuação da sua empresa?
 - a. Aço
 - b. Alumínio
 - c. Cimento
 - d. Cloro
 - e. Papel e celulose
 - f. Alimentos e bebidas
 - g. Saneamento
 - h. Data centers
 - i. Outro
4. Qual destes melhor descreve o seu cargo na empresa?
 - a. Executivo
 - b. Área de energia
 - c. Área técnica
 - d. Outro
5. No que diz respeito a iniciativas ligadas à gestão de energia, quais das modalidades abaixo fazem (ou fizeram) parte da estratégia da sua empresa?

	Não avaliamos	Avaliamos, não participamos	Participamos no passado	Participamos atualmente
Programa piloto de resposta da demanda				
Programa de redução voluntária da demanda				
Adequação modalidade tarifária (Azul ou Verde)				
Mercado livre e/ou incentivado de energia				
Autoprodução dentro da própria usina				
Autoprodução em outra localidade				
Micro e minigeração distribuída				
Operação de gerador próprio (não AP nem MMGD)				
Eficiência energética (iniciativas próprias)				

6. Como você classificaria o interesse da sua empresa, de um modo geral, em participar de um programa de RD?
- a. Muito pouco interesse, dificilmente participaríamos (ou mesmo avaliaríamos em detalhe)
 - b. Pouco interesse, participaríamos apenas se a remuneração for elevada e os riscos baixos
 - c. Interesse mediano, avaliaríamos o custo-benefício e entraríamos se for adequado
 - d. Alto interesse, acredito que estamos bem-posicionados para ser competitivos
 - e. Muito alto interesse, trata-se de uma prioridade estratégica da empresa
7. Quais são as etapas do processo produtivo e equipamentos mais relevantes em termos de consumo eletricidade? Saberá informar a potência instalada/nominal?
8. Quais das classes de estratégias abaixo para o oferecimento de RD seriam factíveis para implementação na sua indústria?
- a. Substituição temporária da eletricidade por outros recursos energéticos
 - b. Desligamento parcial ou total do processo, usando estocagem para não comprometer a produção
 - c. Desligamento total do processo, implicando perda de produção
 - d. Uso temporário de geração própria de eletricidade
 - e. Outro

Relação da RD com o processo produtivo:

Em programas de resposta da demanda, o operador pode “acionar” a indústria, segundo regras pré-determinadas, para que reduza o seu consumo de energia elétrica.

9. Mais especificamente, que estratégias de implementação de RD você vê como mais promissoras para implementação no curto prazo na sua indústria?
10. Como você classificaria a magnitude dos investimentos que precisariam ser feitos para que a sua empresa possa participar de um programa de RD?
- a. Altos: investimentos muito elevados na planta e processo produtivo
 - b. Médios: investimentos significativos em organização da operação (reestruturação da equipe, logística etc.)
 - c. Baixos: investimentos em aprimoramentos, como aplicação da equipe responsável e equipamentos de monitoramento e controle
 - d. Muito baixos: os recursos que temos hoje já são suficientes em geral

Desenho do produto de RD: Demanda de ponta

Considere um produto de RD com as seguintes características:

- **Longo prazo (1 ano):** o consumidor que aderir ao programa deverá firmar um contrato com duração de 1 ano com o operador, e se compromete a manter o compromisso em todo este período.
- **Montante pré-definido:** o consumidor escolhe o montante de potência instantânea (MW) que fica disponível para acionamento pelo operador ao longo do contrato.
- **Pagamento fixo:** o consumidor recebe uma remuneração fixa proporcional à potência disponibilizada pela duração do contrato (independentemente de qualquer acionamento).
- **Acionamento dia-seguinte:** o operador deverá informar, na madrugada anterior, se deseja acionar a potência disponibilizada, por um período de até 3 horas consecutivas à escolha do operador.
- **Resposta e custo evitado:** o consumidor é obrigado a reduzir sua demanda nas horas selecionadas pelo operador. Evidentemente, ele não precisa pagar pela energia não consumida nesses momentos.
- **Penalidades:** caso o consumidor não consiga entregar a potência comprometida no contrato (comparação das medições ex post com a demanda histórica), sua remuneração é reduzida de acordo com regras definidas no contrato.

Note que os programas de RD implementados recentemente no Brasil (Programa Piloto e Programa de Redução Voluntária) não possuíam remuneração fixa (apenas em função dos acionamentos), e ofereciam mais flexibilidade para que os consumidores revisassem seus compromissos (de um dia a outro ou de um mês a outro).

11. Quanto ao produto com características descritas acima, qual a visão da sua empresa sobre as afirmações abaixo?

	Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente
Teríamos interesse em participar deste programa com um percentual da demanda					
A remuneração fixa viabilizaria investimento em RD					
Não estou seguro de que conseguiria entregar um produto com características fixas ao longo de 1 ano					
Preferiria que a vigência do contrato fosse ainda mais longa do que 1 ano					
O acionamento máximo de 3 horas é longo demais, teríamos dificuldade em cumprir					
O aviso de acionamento na madrugada anterior é muito generoso, poderia ser mais curto					
A produção seria afetada negativamente nos dias em que o produto fosse acionado					
Em caso de acionamento, a demanda nas horas seguintes teria que aumentar para compensar a redução					
Seria importante que houvesse um limite de acionamentos (evitar, por exemplo, acionamento todos os dias de um mês)					

12. Qual o percentual da demanda da sua indústria que você poderia comprometer em um programa de RD com as características descritas acima? (Preencher com um valor entre 0% e 100%)

- 13.** Digamos que o produto foi acionado, reduzindo a sua demanda em X%. O que acontece com a sua produção, no agregado do período?
- a. Diminui, em menos de X%
 - b. Diminui, em aproximadamente X%
 - c. Diminui, em mais de X%
 - d. Não diminui
- 14.** Que custos precisariam ser cobertos na sua remuneração para aderir ao programa de resposta da demanda?
- a. Custo com parada de produção
 - b. Investimento em novos sistemas e equipamentos
 - c. Aumento no custo de manutenção
 - d. Custo com seguros e multas
 - e. Custo com equipe dedicada
- 15.** Suponhamos que em determinado ano não tenha havido nenhum acionamento do produto RD descrito acima. Consequentemente, a remuneração do pagamento fixo deve ser suficiente apenas para cobrir os custos incorridos pela empresa em “preparação” para a possibilidade de acionamento (como equipe dedicada, novos contratos de prestação de serviço, novos investimentos, e afins). Qual a sua estimativa do valor aproximado destes custos de preparação?
- a. Baixo
 - b. Médio
 - c. Alto
 - d. Muito alto
- 16.** Suponhamos agora que em outro ano o produto tenha sido acionado uma vez por semana, todas as semanas do ano (obrigando a sua indústria a reduzir sua demanda por 52 períodos de 3 horas ao longo do ano). Qual das opções abaixo melhor descreve os custos incorridos pela sua indústria neste caso (acionamentos frequentes), em comparação com os “custos de preparação” incorridos no caso anterior (nenhum acionamento)?
- a. Custos até 2 vezes maiores (baixo custo adicional pelos acionamentos)
 - b. Até 5 vezes maiores
 - c. Até 10 vezes maiores
 - d. Até 30 vezes maiores
 - e. Mais de 30 vezes maiores
 - f. Outro

17. Para participar de um programa de RD, os agentes consumidores devem informar qual seria a remuneração fixa mínima que justificaria a sua participação no programa. Qual das opções abaixo melhor descreve a estratégia que você adotaria para estimar esta remuneração fixa exigida?
- a. Seria baseada em uma estimativa de cenário de “alto acionamento” (conservador)
 - b. Seria baseada em um cenário “mais provável”, intermediário entre o “acionamento zero” e o “alto acionamento”
 - c. Seria baseada em um critério de “prêmio de risco”, aplicando um multiplicador à estimativa do cenário de “alto acionamento”
 - d. Outros

Desenho do produto de resposta da demanda: Demanda Média

O produto de RD média possui características similares à RD de ponta, com diferenças importantes no quesito acionamento. No lugar de o operador selecionar um período específico de 3 horas no qual o consumidor deve reduzir temporariamente sua demanda, temos:

- Acionamento semana-seguinte: o operador deverá informar, na madrugada de sábado para domingo, se deseja fazer o acionamento da redução da demanda média do consumidor para a semana seguinte.
- Resposta e custo evitado: o consumidor tem flexibilidade para definir em que horas deseja reduzir a sua demanda, desde que alcance o montante agregado de RD comprometido no contrato. Evidentemente, o consumidor não precisa pagar pela energia não consumida nestes momentos.

Todas as outras características permanecem como apresentado anteriormente:

- Longo prazo (1 ano)
- Montante pré-definido
- Pagamento fixo
- Penalidades

18. Quanto ao produto com características descritas acima, qual a sua opinião sobre as afirmações abaixo?

	Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente
Teríamos interesse em participar deste programa com um percentual da demanda					
A produção seria afetada negativamente nas semanas em que o produto fosse acionado					
Em caso de acionamento, a demanda nas semanas seguintes teria que aumentar para compensar a redução					
Seria importante que houvesse um limite de acionamentos (evitar, por exemplo, acionamento muitas semanas consecutivas)					
É mais desafiador entregar este produto do que o produto resposta na ponta					

19. Qual o percentual da demanda da sua indústria que você poderia comprometer em um programa de RD com as características descritas acima? (Preencher com um valor entre 0% e 100%)

20. Quanto aos desafios de sua participação em um programa de resposta da demanda, qual a sua opinião sobre as informações abaixo?

	Discordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo	Concordo totalmente
O desconhecimento sobre o tema inibiria nossa participação					
A dificuldade de se planejar para atender as regras do programa inibiria nossa participação					
A baixa flexibilidade dos processos e equipamentos inibiria nossa participação					
A baixa flexibilidade de parada de produção inibiria nossa participação					
A existência de custos vinculados à preparação e operacionalização inibiria a nossa participação					
A complexidade em calcular a remuneração adequada inibiria a nossa participação					

Anexo B – Resposta dos entrevistados

Tabela 25 – Resposta dos entrevistados⁵ (Elaboração própria).

Nome do respondente:	Ocultado	Ocultado	Ocultado	Ocultado	Ocultado	Ocultado
Qual empresa (do setor industrial) você representa?	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 5	Empresa 6
Qual destes setores melhores descreve o principal ramo de atuação da sua empresa?	Alimentos e bebidas	Mineração	Alimentos e bebidas	Papel e celulose	Químico e petroquímico	Aço
Qual destes melhor descreve o seu cargo na empresa?	Área de energia	Área de energia	Área técnica	Área de energia	Área de energia	Área de energia
No que diz respeito a iniciativas ligadas à gestão de energia, quais das modalidades abaixo fazem (ou fizeram) parte da estratégia da sua empresa? [Programa piloto de resposta da demanda]	Não avaliamos	Avaliamos, não participamos	Não avaliamos	Não avaliamos	Participamos atualmente	Avaliamos, não participamos
No que diz respeito a iniciativas ligadas à gestão de energia, quais das modalidades abaixo fazem (ou fizeram) parte da estratégia da sua empresa? [Programa de redução voluntária da demanda]	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Não avaliamos	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente
No que diz respeito a iniciativas ligadas à gestão de energia, quais das modalidades abaixo fazem (ou fizeram) parte da estratégia da sua empresa? [Adequação modalidade tarifária (Azul ou Verde)]	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Não avaliamos	Participamos atualmente
No que diz respeito a iniciativas ligadas à gestão de energia, quais das modalidades abaixo fazem (ou fizeram) parte da estratégia da sua empresa? [Mercado livre e/ ou incentivado de energia]	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente

5 Informações deixadas em branco ou faltantes indicam que o entrevistado optou por não responder ou não soube responder.

<p>No que diz respeito a iniciativas ligadas à gestão de energia, quais das modalidades abaixo fazem (ou fizeram) parte da estratégia da sua empresa? [Autoprodução dentro da própria usina]</p>		Participamos no passado	Avaliamos, não participamos	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente
<p>No que diz respeito a iniciativas ligadas à gestão de energia, quais das modalidades abaixo fazem (ou fizeram) parte da estratégia da sua empresa? [Autoprodução em outra localidade]</p>	Avaliamos, não participamos	Participamos atualmente	Avaliamos, não participamos	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente
<p>No que diz respeito a iniciativas ligadas à gestão de energia, quais das modalidades abaixo fazem (ou fizeram) parte da estratégia da sua empresa? [Micro e minigeração distribuída]</p>		Avaliamos, não participamos	Avaliamos, não participamos	Avaliamos, não participamos	Não avaliamos	Participamos atualmente
<p>No que diz respeito a iniciativas ligadas à gestão de energia, quais das modalidades abaixo fazem (ou fizeram) parte da estratégia da sua empresa? [Operação de gerador próprio (não AP nem MMDG)]</p>	Não avaliamos	Participamos atualmente	Avaliamos, não participamos	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente
<p>No que diz respeito a iniciativas ligadas à gestão de energia, quais das modalidades abaixo fazem (ou fizeram) parte da estratégia da sua empresa? [Eficiência energética (iniciativas próprias)]</p>	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente
<p>No que diz respeito a iniciativas ligadas à gestão de energia, quais das modalidades abaixo fazem (ou fizeram) parte da estratégia da sua empresa? [Análise de adequação da demanda contratada]</p>	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente	Participamos atualmente
<p>Como você classificaria o interesse da sua empresa, de um modo geral, em participar de um programa de RD?</p>	Muito alto interesse, trata-se de uma prioridade estratégica da empresa	Interesse mediano, avaliá-riamos o custo-benefício e entrá-riamos se for adequado	Interesse mediano, avaliá-riamos o custo-benefício e entrá-riamos se for adequado	Alto interesse, acredito que estamos bem-posicionados para ser competitivos	Muito alto interesse, trata-se de uma prioridade estratégica da empresa	Alto interesse, acredito que estamos bem-posicionados para ser competitivos

<p>Quais são as etapas do processo produtivo e equipamentos mais relevantes em termos de consumo eletricidade? Saberia informar a potência instalada/nominal?</p>	<p>Refrigeração (80-90%), plantas de abate de animais, resfriamento para conservação até o processo final. Carga total 20 MWmed. 12 plantas.</p>	<p>40 unidades consumidoras (somente as maiores), 13 conectadas em redes básicas. Diversos segmentos: mina, portos, ferro, metais básicos (fornos)etc. De modo geral força motriz.</p>	<p>Chillers (sistemas de frio), sopradores e motores da estação de tratamento de efluente</p>	<p>Maior potencial nas plantas de papel e bens de consumo (operação 24/7). (consumo flat) (possui cogeração) As plantas de celulose são autossuficientes e possuem menor potencial modulação da carga mais complexa). (operação 24/7) (15 meses ininterruptos, com paradas programadas entre esses períodos 20 dias)</p>	<p>Petroquímica (processo grande). Diferentes plantas diferentes professos. Célula eletrólise de Soda, motores compressores.</p>	<p>Usina integrada consome no processo de aço, porém é um consumo menor. Semi-integrada eletroinsensível, eletrodo em sucata.</p>
<p>Quais das classes de estratégias abaixo para o oferecimento de RD seriam factíveis para implementação na sua indústria?</p>	<p>Substituição temporária da eletricidade por outros recursos energéticos, Desligamento parcial ou total do processo, usando estocagem para não comprometer a produção, Uso temporário de geração própria de eletricidade</p>	<p>Deslocamento da carga. Adequar as paradas programadas de manutenção para atender à RD. Paradas mensais, e paradas mais gerais anuais.</p>	<p>Uso temporário de geração própria de eletricidade</p>	<p>Substituição temporária da eletricidade por outros recursos energéticos, Desligamento parcial ou total do processo, usando estocagem para não comprometer a produção, Uso temporário de geração própria de eletricidade</p>	<p>Substituição temporária da eletricidade por outros recursos energéticos, Uso temporário de geração própria de eletricidade, Flexibilidade no processo industrial</p>	<p>Desligamento parcial ou total do processo, usando estocagem para não comprometer a produção, Otimização da autoprodução. Otimização das paradas de manutenção (parada semanal (mais rara)). (parada sazonal todo os dias 5 as 8)</p>
<p>Mais especificamente, que estratégias de implementação de RD você vê como mais promissoras para implementação no curto prazo na sua indústria?</p>	<p>Substituição por outro energético, remanejamento da produção de acordo de acordo com demanda do mercado e contratos.</p>	<p>Deslocamento da carga. Adequar as paradas programadas de manutenção para atender à RD. Paradas mensais, e paradas mais gerais anuais.</p>	<p>Geração própria (cogeração), mas teria que ser muito vantajosa do ponto de vista econômico.</p>	<p>Cogeração existente</p>	<p>Substituição temporária da eletricidade por outros recursos energéticos</p>	<p>Otimização da autoprodução e parada da produção.</p>
<p>Como você classificaria a magnitude dos investimentos que precisariam ser feitos para que a sua empresa possa participar de um programa de RD?</p>	<p>Baixos: investimentos em aprimoramentos, como ampliação da equipe responsável e equipamentos de monitoramento e controle</p>	<p>Muito baixos: Os recursos que temos hoje já são suficientes em geral</p>	<p>Altos: investimentos muito elevados na planta e processo produtivo</p>	<p>Médios: investimentos significativos em organização da operação (reestruturação de equipes, logística etc.)</p>	<p>Médios: investimentos significativos em organização da operação (reestruturação de equipes, logística etc.)</p>	<p>Médios: investimentos significativos em organização da operação (reestruturação de equipes, logística etc.)</p>
<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a visão da sua empresa sobre as afirmações abaixo? [Teríamos interesse em participar deste programa com um percentual da demanda]</p>	<p>Concordo</p>	<p>Discordo</p>	<p>Discordo totalmente</p>		<p>Discordo</p>	<p>Discordo totalmente</p>

<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a visão da sua empresa sobre as afirmações abaixo? [A remuneração fixa viabilizaria investimentos em RD]</p>	Concordo	Discordo totalmente	Discordo		Concordo totalmente	Discordo totalmente
<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a visão da sua empresa sobre as afirmações abaixo? [Não estou seguro de que conseguiria entregar um produto com características fixas ao longo de 1 ano]</p>	Concordo totalmente	Discordo totalmente	Concordo totalmente		Concordo totalmente	Concordo
<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a visão da sua empresa sobre as afirmações abaixo? [Preferiria que a vigência do contrato fosse ainda mais longa que 1 ano]</p>	Discordo totalmente	Discordo totalmente	Discordo totalmente		Concordo totalmente	Concordo
<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a visão da sua empresa sobre as afirmações abaixo? [O acionamento máximo de 3 horas é longo demais, teríamos dificuldade em cumprir]</p>	Discordo	Discordo totalmente	Concordo totalmente		Discordo totalmente	Discordo totalmente
<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a visão da sua empresa sobre as afirmações abaixo? [O aviso de acionamento na madrugada anterior é muito generoso, poderia ser mais curto]</p>	Indiferente	Discordo totalmente	Indiferente		Discordo totalmente	Discordo totalmente
<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a visão da sua empresa sobre as afirmações abaixo? [A produção seria afetada negativamente nos dias em que o produto fosse acionado]</p>	Discordo totalmente	Concordo	Concordo totalmente		Discordo	Concordo
<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a visão da sua empresa sobre as afirmações abaixo? [Em caso de acionamento, a demanda nas horas seguintes teria que aumentar para compensar a redução]</p>	Discordo totalmente	Concordo totalmente	Discordo totalmente		Discordo	Discordo

<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a visão da sua empresa sobre as afirmações abaixo? [Seria importante que houvesse um limite de acionamentos (evitar, por exemplo, acionamento todos os dias de um mês)]</p>	Discordo totalmente	Discordo totalmente	Indiferente		Discordo	Indiferente
<p>Qual o percentual da demanda da sua indústria que você poderia comprometer em um programa de RD com as características descritas acima? (Preencher com um valor entre 0% e 100%)</p>	10	0	0	20	20	0
<p>Digamos que o produto foi acionado, reduzindo a sua demanda em X%. O que acontece com a sua produção, no agregado do período?</p>	Não diminui		Diminui, em mais de X%		Não diminui	Diminui, em menos de X%
<p>Que custos precisariam ser cobertos na sua remuneração para aderir ao programa de resposta da demanda?</p>	Investimento em novos sistemas e equipamentos, Aumento no custo de manutenção	Custo com parada de produção, Investimento em novos sistemas e equipamentos	Custo com parada de produção, Investimento em novos sistemas e equipamentos		Investimento em novos sistemas e equipamentos, Aumento no custo de manutenção, Custo com equipe dedicada	Custo com parada de produção, Investimento em novos sistemas e equipamentos, Aumento no custo de manutenção, Custo com equipe dedicada
<p>Suponhamos que em determinado ano não tenha havido nenhum acionamento do produto RD descrito acima. Consequentemente, a remuneração do pagamento fixo deve ser suficiente apenas para cobrir os custos incorridos pela empresa em "preparação" para a possibilidade de acionamento (como equipe dedicada, novos contratos de prestação de serviço, novos investimentos, e afins). Qual a sua estimativa do valor aproximado destes custos de preparação?</p>		Médio	Muito Alto		Alto	Médio

<p>Suponhamos agora que em outro ano o produto tenha sido acionado uma vez por semana, todas as semanas do ano (obrigando a sua indústria a reduzir sua demanda por 52 períodos de 3 horas ao longo do ano). Qual das opções abaixo melhor descreve os custos incorridos pela sua indústria neste caso (acionamentos frequentes), em comparação com os “custos de preparação” incorridos no caso anterior (nenhum acionamento)?</p>	Sim	Até 5 vezes maiores		Aumenta (sem estimativa)	Aumenta
<p>Para participar de um programa de RD, os agentes consumidores devem informar qual seria a remuneração fixa mínima que justificaria a sua participação no programa. Qual das opções abaixo melhor descreve a estratégia que você adotaria para estimar esta remuneração fixa exigida?</p>	Seria baseada em um cenário “mais provável”, intermediário entre o “acionamento zero” e o “alto acionamento”	Seria baseada em um critério de “prêmio de risco”, aplicando um multiplicador à estimativa do cenário de “alto acionamento”	Seria baseada em um critério de “prêmio de risco”, aplicando um multiplicador à estimativa do cenário de “alto acionamento”	O investimento faz sentido com “produto na mesa”	Seria baseada em uma estimativa de cenário de “alto acionamento” (conservador)
<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a sua opinião sobre as afirmações abaixo? [Teríamos interesse em participar deste programa com um percentual da demanda]</p>	Concordo totalmente	Discordo totalmente	Indiferente	Concordo	Discordo totalmente
<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a sua opinião sobre as afirmações abaixo? [A produção seria afetada negativamente nas semanas em que o produto fosse acionado]</p>	Discordo totalmente	Concordo totalmente	Discordo	Indiferente	Concordo
<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a sua opinião sobre as afirmações abaixo? [Em caso de acionamento, a demanda nas semanas seguintes teria que aumentar para compensar a redução]</p>	Discordo totalmente	Concordo totalmente	Discordo	Indiferente	Discordo

<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a sua opinião sobre as afirmações abaixo? [Seria importante que houvesse um limite de acionamentos (evitar, por exemplo, acionamento muitas semanas consecutivas)]</p>	Discordo totalmente	Discordo totalmente	Concordo		Concordo	Discordo
<p>Quanto ao produto com características descritas acima, qual a sua opinião sobre as afirmações abaixo? [É mais desafiador entregar este produto do que o produto resposta na ponta]</p>	Discordo totalmente	Concordo totalmente	Discordo totalmente		Indiferente	Indiferente
<p>Qual o percentual da demanda da sua indústria que você poderia comprometer em um programa de RD com as características descritas acima? (Preencher com um valor entre 0% e 100%)</p>	20	0	5		20	0
<p>Quanto aos desafios de sua participação em um programa de reposta da demanda, qual a sua opinião sobre as informações abaixo? [O desconhecimento sobre o tema inibiria nossa participação]</p>	Discordo totalmente		Discordo	Concordo totalmente	Concordo	Concordo totalmente
<p>Quanto aos desafios de sua participação em um programa de reposta da demanda, qual a sua opinião sobre as informações abaixo? [A dificuldade de se planejar para atender as regras do programa inibiria nossa participação]</p>	Concordo		Concordo	Concordo totalmente	Concordo totalmente	Concordo totalmente
<p>Quanto aos desafios de sua participação em um programa de reposta da demanda, qual a sua opinião sobre as informações abaixo? [A baixa flexibilidade dos processos e equipamentos inibiria nossa participação]</p>	Concordo		Concordo totalmente	Concordo totalmente	Indiferente	Concordo totalmente

<p>Quanto aos desafios de sua participação em um programa de reposta da demanda, qual a sua opinião sobre as informações abaixo? [A possibilidade de parada de produção inibiria nossa participação]</p>	Concordo totalmente		Concordo totalmente	Concordo totalmente	Concordo	Concordo totalmente
<p>Quanto aos desafios de sua participação em um programa de reposta da demanda, qual a sua opinião sobre as informações abaixo? [A existência custos vinculado a preparação e operacionalização inibiria a nossa participação]</p>	Discordo totalmente		Concordo totalmente	Concordo	Concordo	Discordo totalmente
<p>Quanto aos desafios de sua participação em um programa de reposta da demanda, qual a sua opinião sobre as informações abaixo? [A complexidade em calcular a remuneração adequada inibiria nossa participação]</p>	Discordo totalmente		Concordo totalmente	Concordo totalmente	Concordo totalmente	Discordo totalmente

