

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO SUL

JULCIANE MAGALHÃES ROSA DIAS

ESTRUTURAÇÃO DE UM SISTEMA DE PREVISÃO DE DEMANDA PARA GRUPOS
GERADORES

ORIENTADORA: DRA VERA LUCIA MILANI MARTINS

TEMA: PREVISÃO DE DEMANDA

PORTO ALEGRE, AGOSTO DE 2021.

ESTRUTURAÇÃO DE UM SISTEMA DE PREVISÃO DE DEMANDA PARA GRUPOS
GERADORES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Especialização em Gestão Empresarial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul Campus Porto Alegre como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Gestão Empresarial.

ORIENTADORA: DRA VERA LUCIA
MILANI MARTINS

PORTO ALEGRE, AGOSTO DE 2021.

JULCIANE MAGALHÃES ROSA DIAS.

ESTRUTURAÇÃO UM SISTEMA DE PREVISÃO DE DEMANDA PARA GRUPOS
GERADORES

Relatório final de TCC apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul Campus Porto Alegre como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Gestão Empresarial.

Data de aprovação: 20/08/2021

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Vera Lúcia Milani Martins

Prof. Dr. Cláudio Vinícius Silva Farias

Prof.^a M. Eng.^a Cecília Brasil Biguelini

SUMÁRIO

RESUMO.....	- 6 -
1. INTRODUÇÃO	- 7 -
2. BREVE PANORAMA SOBRE DEMANDA E RESTRIÇÕES	- 8 -
3. MÉTODO.....	- 10 -
4. RESULTADOS	- 12 -
5. CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO	- 17 -
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	- 18 -
ANEXOS.....	- 20 -
ANEXO 1: TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL	- 20 -

RESUMO

Devido à escassez de matéria prima e os atrasos na produção de produtos manufaturados, acarretando aumentos de prazos de entrega e de custos, a gestão de estoque destaca-se neste momento no planejamento estratégico das empresas. Este estudo visa estruturar um sistema de previsão de demanda para grupos geradores. A venda destes equipamentos se dá sob demanda intermitente, que é caracterizada pela presença de períodos com demanda zero em sua série histórica, com baixa variação do tamanho da demanda, quando ela ocorre. Para a estruturação deste sistema, os dados foram modelados utilizando suavização exponencial simples ajustada, com base em restrições, pelo método simplex. O sistema proposto possibilitou direcionar a tomada de decisão na formação do estoque baseada na modelagem matemática, excluindo a previsão empírica que anteriormente era realizada.

Palavras-chave: grupo gerador, previsão, demanda.

ABSTRACT

Due to the scarcity of raw materials and delays in the production of manufactured products, resulting in increased delivery times and costs, inventory management stands out currently in the strategic planning of companies. This study aims to structure a demand forecasting system for generator sets. The sale of this equipment takes place under intermittent demand, which is characterized by the presence of periods with zero demand in its historical series, with low variation in the size of demand, when it occurs. To structure this system, the data were modeled using simple adjusted exponential smoothing, based on constraints, by the simplex method. The proposed system made it possible to direct decision making in the formation of the stock based on mathematical modeling, excluding the empirical prediction that was previously carried out.

Keywords: generator set, forecast, demand.

1. INTRODUÇÃO

Os grupos geradores de energia são equipamentos de médio e grande porte que fornecem energia elétrica sempre que ocorrem oscilações no abastecimento da rede elétrica ou apagões, garantindo maior segurança e comodidade para moradores, clientes e funcionários de diferentes setores e ambientes. O grupo gerador de energia é um equipamento de alto desempenho e que apresenta grande segurança durante todo o seu funcionamento, sendo fabricado com estrutura resistente, motor para acionamento automático e tanque de combustível para alimentação do motor. A utilização de grupos geradores de energia é indicada para os mais variados ambientes, especialmente para estabelecimentos que não podem ficar sem energia elétrica — tais como hospitais, escolas, aeroportos, indústrias, grandes eventos e supermercados.

A venda destes equipamentos se dá sob demanda intermitente, que é caracterizada pela presença de períodos com demanda zero em sua série histórica, com baixa variação do tamanho da demanda, quando ela ocorre (KOURENTZES, 2014). Métodos tradicionais de previsão estatística, como os de suavização exponencial, funcionam bem com demanda regular, porém não apresentam resultados precisos com dados intermitentes. Chua *et al.* (2008) comentam que, a maioria dos métodos de previsão, como modelo de suavização exponencial e médias móveis, tendem a gerar resultados com maior taxa de erro para os padrões de demanda irregular, como intermitente e errático, pela falta de atualizações não ajustadas para períodos de demanda zero (Pince *et al.*, 2021).

Os estudos de previsão de demanda intermitente começaram com a indústria da aviação, a fim de prever o consumo de peças de reposição, uma vez que são de custo elevado, dificuldades de manuseio e movimentação (Kochi, 2008), caso semelhante ao de grupo geradores. Além disso, os erros grosseiros de previsão dos métodos resultam em uma quantidade excessiva de itens e representa um alto custo de inventário, assim as decisões na previsão de demanda intermitente podem ser feitas de forma mais inteligente se for apoiada por previsões de demanda mais precisas e menos variáveis (Syntetos & Boylan, 2010). Ao ser feita de forma incorreta a previsão de demanda pode impactar negativamente o negócio, provocando a diminuição de lucro, não ocorrendo o giro de estoque, por exemplo. Logo, um estudo ou sistema, que indique maior organização e planejamento das previsões, vão ao encontro das expectativas das empresas. A previsão contextual tende a superar essas dificuldades combinando sistematicamente todas as informações disponíveis, amplamente categorizadas como opinião de especialistas e informações de base instalada, com métodos estatísticos para melhorar o desempenho da previsão (Pince *et al.*, 2021).

Segundo (Dai *et al.*, 2021) a logística durante o período de surto do COVID-19 sofreu impactos importantes, tais como importação e exportação de produtos, acordos comerciais, transportes, comércio on-line, etc. Muitas áreas da China foram bloqueadas, e passado o pico da propagação da doença, com tais restrições suspensas houve escassez de matéria-prima prejudicando a produção manufatureira de bens intermediários. De forma semelhante a produção industrial do Brasil foi impactada, gerando redução de produtos manufaturados disponíveis no mercado. O mercado da produção de grupos geradores tem sido afetado pela

falta de peças e componentes para produção, quer seja pela escassez dos insumos básicos, quer seja pela dificuldade de manter mão de obra especializada ativa neste período de pandemia. Além disso, Seifert (2020) afirma que as cadeias de abastecimento têm atendido as demandas impostas pela pandemia, mas antecipa uma reestruturação fundamental das cadeias de abastecimento. Com a grave crise energética anunciada pelos órgãos governamentais, há a expectativa do aumento de vendas de equipamentos como grupos geradores de energia, justificando o planejamento estratégico da empresa na aquisição de itens de estoque. Com este cenário não basta apenas aplicar a modelagem clássica para dimensionamento do estoque estratégico da empresa, é preciso atentar para as restrições de fornecimento da indústria, espaço físico para alojamento de equipamentos e recursos financeiros disponíveis para este investimento.

Um método adequado para incorporar as restrições é o método simplex, por ser interativo pode-se determinar numericamente a solução ótima de um modelo de programação linear. Para Ploskas e Samaras (PLOSKAS; SAMARAS, 2014) a escolha do elemento de articulação em cada iteração é um dos passos mais críticos para o algoritmo simplex. A flexibilidade da seleção de variáveis que entram e saem permite desenvolver várias regras de articulação (SAN; CHEN, 2007).

Assim, o objetivo deste estudo é propor um sistema de previsão de demanda, fundamentado na modelagem temporal da demanda intermitente com ajuste baseado nas restrições do processo. Para isso os dados serão modelados com auxílio do *software* IBM SPSS Statistics® para a modelagem de suavização exponencial simples e do *software* Excel para aplicação das restrições pelo método simplex.

A implicação teórica deste estudo traz a utilização de uma modelagem tradicional com ajuste baseado no método simplex. Já a implicação prática traz a análise do comportamento de venda de um determinado modelo de equipamento, onde há a necessidade de planejamento futuro quanto aos riscos inerentes ao negócio. Devido à pandemia e a falta de insumos básicos como metal, cobre, peças manufaturadas, etc., o prazo de entrega do equipamento está em um crescente vertiginoso, passando de médios 60 dias para atualmente 150 dias.

2. BREVE PANORAMA SOBRE DEMANDA E RESTRIÇÕES

A principal razão da necessidade de previsão e planejamento é o *lead time*, ou seja, o tempo entre a consciência de um evento e a ocorrência desse evento (MAKRIDAKIS, 2000). Por esse motivo, quanto maior o *lead time*, maior a importância do planejamento. Assim, tendo que o motivo da previsão é a antecipação da ação, Makridakis (2000) considera que uma previsão bem-sucedida só tem valor para a organização, se transformada em ações. Já para Montgomery, Johnson (1996), o propósito da previsão é a redução do risco na tomada de decisão. Para Martins (2000) previsão é um processo metodológico para a determinação de

dados futuros baseado em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos ou ainda em modelos subjetivos apoiados em uma metodologia de trabalho clara e previamente definida.

A previsão de demanda é um processo que é sustentado por um método de trabalho claro e definido, apoiado em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos, ou ainda, em modelos subjetivos, buscando determinar os valores futuros de uma série temporal de vendas (MARTINS; LAUGENI, 2003; FIGUEREDO, 2008). Segundo Figueredo (2008), tal processo possibilita ao usuário obter conhecimento a respeito da provável evolução da série no futuro.

A fim de captar o mercado consumidor potencial, uma empresa necessita averiguar qual é o objetivo da previsão de demanda. A demanda que uma empresa pode mensurar varia em nível de produto, espaço e tempo. Para as vendas de uma empresa em curto prazo, prever a demanda de consumidores é um exemplo de objetivo de previsão de demanda (KOTLER, 1998). Esta previsão pode ser efetuada através de modelagens matemática como a suavização exponencial.

Suavização exponencial consiste em decompor a série em componentes com tendência e sazonalidade e suavizar seus valores passados, ou seja, dar pesos diferentes, cujos valores decaem exponencialmente para zero quanto mais antiga for a observação, valorizando as observações mais recentes (KOENIG, 2014). É um método popularmente utilizado devido a sua simplicidade e eficiência dos resultados. É similar ao método da média móvel, com as diferenças básicas de que a suavização exponencial todos os dados históricos são utilizados e que os valores passados são ponderados exponencialmente de acordo com seu período, ou seja, os dados mais recentes têm um peso maior na previsão. O valor utilizado para a ponderação dos dados históricos (α) determinará se a previsão será mais sensível as variações ou mais estável. A literatura recomenda o uso dessa constante de ponderação exponencial entre 0,01 a 0,3 (GUIMARÃES, 2008).

Quando há restrições ao processo, o método simplex é um algoritmo confiável e eficiente para solucionar problemas baseado em programação linear. Também fornece a base para realização de várias partes da análise de pós-otimalidade de maneira muito eficiente. Embora possua uma interpretação geométrica útil, o método simplex é um procedimento algébrico. A cada iteração, ele se desloca da solução básica viável atual para uma solução básica viável adjacente melhor escolhendo uma variável básica que entra e também uma que sai e, depois, aplica a eliminação gaussiana para resolver um sistema de equações lineares. Quando a solução atual não tem nenhuma solução básica viável adjacente que seja melhor, a solução atual é ótima e o algoritmo para. (HILLIER, 2013). Este método foi utilizado em um estudo realizado em 2018 para minimização do custo de compra para o Microempreendedor Individual utilizando a programação linear (MENTZER, 1998).

3. MÉTODO

Neste estudo foi utilizado a modalidade de pesquisa estudo de caso. O estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento (Gil, 2017). É encarado como o delineamento mais adequado para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, onde os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos (Yin,2001). O propósito do estudo de caso não é proporcionar o conhecimento preciso das características de uma população, mas sim o de proporcionar uma visão global do problema ou de identificar possíveis fatores que o influenciam ou são por ele influenciados (Gil, 2017).

Foi construído um banco de dados com as informações relevantes a análise pretendida, formatando assim, através de ferramentas gráficas e matemáticas, resultados orientativos para a tomada de decisão. Os dados foram coletados do sistema interno de uma empresa distribuidora de grupos geradores, respeitando a confidencialidade de informações que a empresa julgar necessária. A escolha dos modelos GAMA e DELTA, ilustrados na Figura 1, se fez a partir de observação das suas aplicabilidades e versatilidade nos mais diversos setores do mercado, tais como, construção civil, indústria, varejo, agronegócio, etc. Estes modelos representam de 25% a 30% do volume de vendas da empresa.

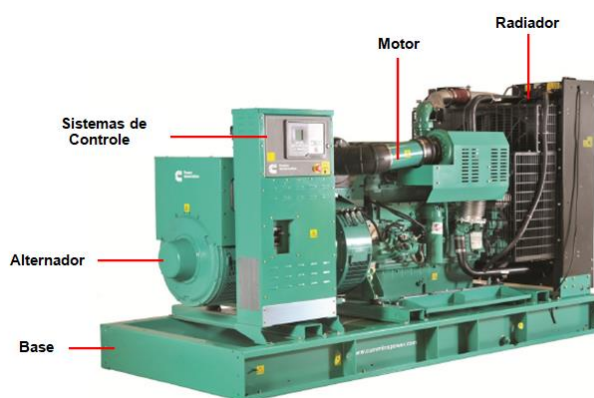


Figura 01 – Figura Ilustrativa exemplificando um grupo gerador

O grupo gerador modelo GAMA desenvolve potência nominal de 115kVA em regime *standby* e possui motor diesel Cummins modelo 4BTA3.9-G4, refrigerado por radiador, turbo-alimentado, 04 cilindros, com rotação a 1800 RPM. Possui ainda alternador, regulador eletrônico de velocidade, gerador de ímã permanente e painel de controle e sincronismo. Pode ser ofertado com sistema de transferência automática ininterrupta ou sistema de transferência em rampa. O modelo carenado possui peso 1421 kg e dimensões aproximadas de 2589 x 1116 x 1642 mm (C x L x A) ocupando uma área para estoque de 6 m². Enquanto o grupo gerador modelo DELTA desenvolve potência nominal de 625kVA em regime *standby* e possui motor diesel Cummins modelo QSX-15 G9, refrigerado por radiador, turbo-alimentado, 06 cilindros,

com rotação a 1800 RPM. Possui ainda alternador, regulador eletrônico de velocidade, gerador de imã permanente e painel de controle e sincronismo. Pode ser ofertado com sistema de transferência automática ininterrupta ou sistema de transferência em rampa, O modelo carenado possui peso 5361 kg e dimensões aproximadas de 5096 x 1564 x 2486 mm (C x L x A) ocupando uma área para estoque de 12 m².

Para análise da previsão de demanda foram observados dados de abril de 2016 a maio de 2021. Os três últimos meses foram reservados para testes do modelo sendo aplicada a previsão neste período. O modelo utilizado foi de suavização exponencial sazonal simples e a medida de acuracidade adotada foi o MAE (*Mean Absolute Error*). De acordo com Mentzer e Bienstock (1998), o MAE mede o afastamento médio das previsões em relação aos valores observados, constituindo na média dos erros da previsão. Neste sentido, seu valor ideal seria igual a zero. Assim, o erro médio tende a ser pequeno na medida em que os erros negativos e positivos se compensem. Essa medida foi selecionada por apresentar o erro de forma absoluta que pode ser mais adequada para produtos com quantitativo baixo de demanda.

Além da demanda intermitente, há diversas restrições estabelecidas pela estrutura da empresa. A empresa possui um prédio para guarda e estoque dos equipamentos e acessórios referentes ao negócio grupos geradores. Este prédio possui área útil de 50 m², com a capacidade de receber apenas 6 equipamentos. Mensalmente a fábrica libera um relatório com a disponibilidade de equipamentos que poderão ser encomendados e seus respectivos prazos de entrega. Os últimos relatórios apontam uma disponibilidade de 6 máquinas para formação de estoque estratégico, com prazos de entrega média de 150 dias. A empresa disponibiliza em torno de R\$ 500.000,00 mensais para formação de estoque estratégico. Este valor tem que ser distribuído para os dois modelos de grupos de geradores.

O método simplex representa uma alternativa para incorporar as restrições ao processo de previsão de demanda. Deste modo as restrições adotadas no método simplex compreendem variáveis irrestritas não negativas e inteiras. As células variáveis indicam o *forecast* ajustado para o produto GAMA e produto DELTA, sendo que outra restrição indica que este *forecast* ajustado deve ser menor ou igual ao limite superior do intervalo de confiança da previsão obtida com a modelagem matemática. Além disso, a soma das células variáveis deve ser menor que a quantidade limitada pela fábrica. A soma da área necessária para acomodar a quantidade indicada no *forecast* ajustado para o produto GAMA e DELTA (F'GAMA e F'DELTA) deve ser menor que a área disponível para estoque e a soma dos custos deve ser menor que o valor disponível para estoque. A função objetivo busca maximizar o *forecast* ajustado (F').

Tabela 01 – Equações das Restrições

Função Objetivo (maximizar o estoque) = $X_1 + X_2$

Restrições:

$forecast\ pontual_{GAMA} \leq X_1 \leq forecast\ limite\ superior_{GAMA}$

$forecast\ pontual_{DELTA} \leq X_2 \leq forecast\ limite\ superior_{DELTA}$

$X_1 + X_2 \leq Quantidade\ máxima\ de\ equipamentos\ para\ formação\ de\ estoque$

$(Área\ estoque_{GAMA} * X_1) + (Área\ estoque_{DELTA} * X_2) \leq área\ disponível\ para\ estoque$

$(CUSTO_{GAMA} * X_1) + (CUSTO_{DELTA} * X_2) \leq valor\ disponível\ para\ formação\ estoque$

Justifica-se a utilização do limite superior do intervalo de confiança para a previsão obtida com a modelagem matemática como restrição, uma vez que, devido ao cenário atual quanto a crise hídrica e energética que o Brasil está passando, grandes empresas estão retomando projetos de autossuficiência energética, se consolidando a possibilidade de aumento nas vendas.

4. RESULTADOS

Os dados de vendas dos equipamentos foram coletados junto ao sistema de empresa, referente ao período de abril de 2016 a março de 2021. Os três últimos meses foram reservados para testes do modelo sendo aplicada a previsão neste período. Estes dados foram retratados na figura 02, onde é possível observar a demanda intermitente dos equipamentos, com períodos de zero demanda.

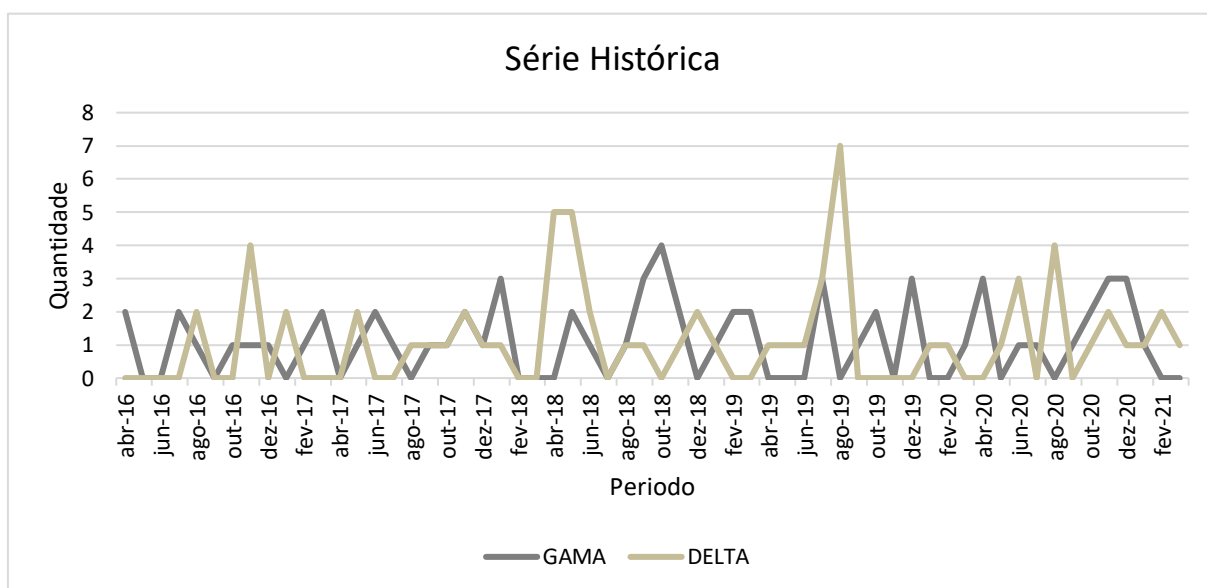


Figura 02 – Série Histórica para os equipamentos GAMA e DELTA no período de observação.

Os dados foram analisados utilizando a função expert do *software* IBM SPSS Statistics®. Para os grupos geradores GAMA e DELTA, ajustaram-se os modelos da classe de suavização exponencial sazonal simples, ambos com alfa = 0,1 e $MAE_{GAMA} = 0,839$ e $MAE_{DELTA} = 0,909$. A medida de acuracidade passos à frente indicou $MAE_{GAMA} = 0,934$ e $MAE_{DELTA} = 0,819$. A tabela 02 mostra a previsão de demanda para os meses subsequentes ao limite temporal das amostras.

Tabela 02 – Previsão de número de equipamentos para o modelo GAMA e DELTA

	GAMA			DELTA		
	mar/21	abr/21	mai/21	mar/21	abr/21	mai/21
Previsão	1,37	1,12	0,72	0,22	1,42	2,02
Limite Superior	3,42	3,18	2,79	2,81	4,02	4,64
Limite Inferior	-0,69	-0,95	-1,36	-2,38	-1,19	-0,60

A Figura 03 apresenta o *forecast* para os modelos GAMA e DELTA, com os resultados do ajuste, previsão além dos limites superiores (UCL) e inferiores (LCL) dos intervalos com 95% de confiança para os valores previstos. Para cada modelo, as previsões iniciam após a última observação realizada no intervalo do período estipulado, totalizando 3 passos à frente correspondente aos meses Março, Abril e Maio de 2021

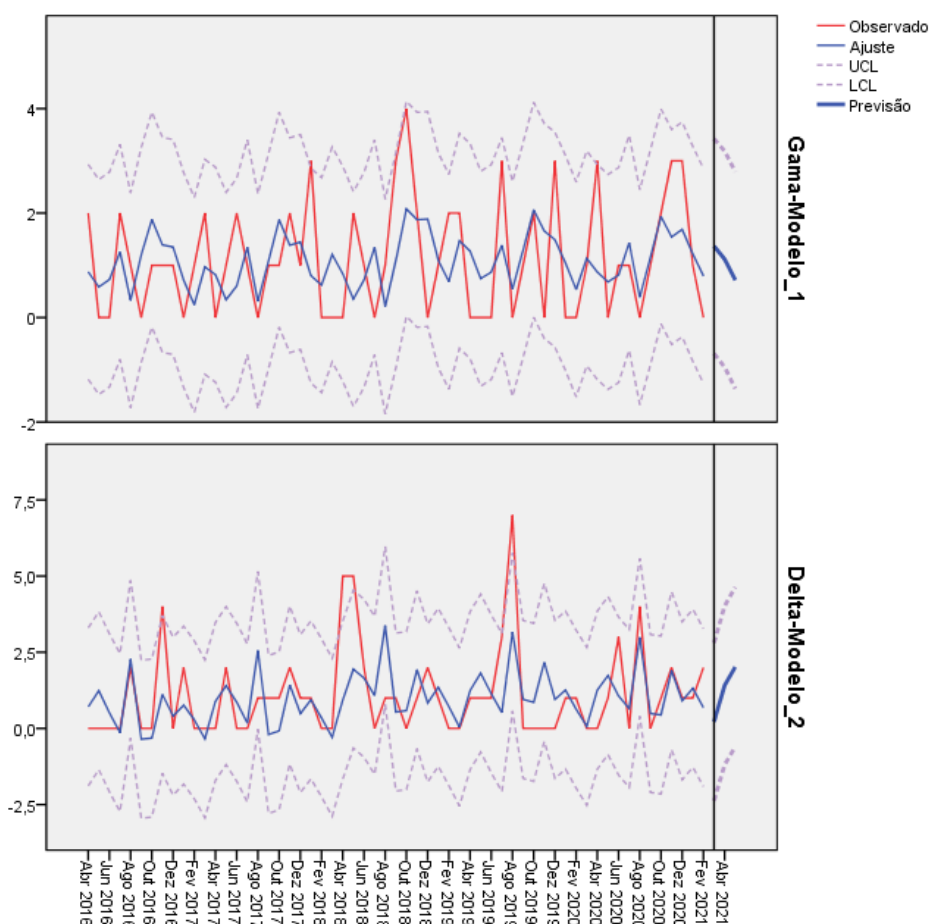


Figura 03 – *Forecast* para os modelos GAMA e DELTA

Após a modelagem temporal, os resultados foram submetidos à ajuste baseado nas restrições através do método simplex. A uma solução ótima para a previsão de demanda dos modelos GAMA e DELTA está fundamentada na maximização da função objetivo, que versa sobre solicitar o maior número possível de grupos geradores, com a melhor combinação entre os dois modelos em estudo, dadas as restrições do sistema. A tabela 03 apresenta o resultado das análises realizadas através do método simplex para 3 passos à frente, referente aos meses de março, abril e maio de 2021.

Tabela 03 – Resultado da análise através do método simplex

Ajuste para o mês de março/2021					
Função objetivo (maximizar estoque)	3				
	GAMA	DELTA	SOMA	RESTRICÇÃO	TIPO
<i>Forecast (unid.)</i>	2	1	3	6	menor igual
<i>Time Series máximo (unid.)</i>	3	1			
Área unitária (m ²)	6	12	18		
Área de estoque necessária (m ²)	12	12	24	50	menor igual
Custo (R\$) x 1000	150	285	435	500	menor igual
Custo unitário (R\$) x 1000	75	285			
<i>Time Series mínimo (unid.)</i>	1	1			
Ajuste para o mês de abril/2021					
Função objetivo (maximizar estoque)	3				
	GAMA	DELTA	SOMA	RESTRICÇÃO	TIPO
<i>Forecast (unid.)</i>	2	1	3	6	menor igual
<i>Time Series máximo (unid.)</i>	3	1			
Área unitária (m ²)	6	12	18		
Área de estoque necessária (m ²)	12	12	24	50	menor igual
Custo (R\$) x 1000	150	285	435	500	menor igual
Custo unitário (R\$) x 1000	75	285			
<i>Time Series mínimo (unid.)</i>	1	1			
Ajuste para o mês de maio/2021					
Função objetivo (maximizar estoque)	2				
	GAMA	DELTA	SOMA	RESTRICÇÃO	TIPO
<i>Forecast (unid.)</i>	1	1	2	6	menor igual
<i>Time Series máximo (unid.)</i>	1	2			
Área unitária (m ²)	6	12	18		
Área de estoque necessária (m ²)	6	12	18	50	menor igual
Custo (R\$) x 1000	75	285	360	500	menor igual
Custo unitário (R\$) x 1000	75	285			
<i>Time Series mínimo (unid.)</i>	1	1			

A Tabela 04 mostra o número real de vendas destes equipamentos no período de março a maio de 2021. Observa-se que os valores se encontram dentro dos limites dos intervalos de confiança calculados pelo software IBM SPSS Statistics® e coerentes com os valores ajustados pelo método simplex. Os valores ajustados resultaram em $MAE_{GAMA} = 0,667$ e $MAE_{DELTA} = 0,333$, tal resultado indica que o ajuste realizado foi efetivo, resultando em menor medida de acuracidade e, portanto, menores erros de previsão no processo.

Tabela 04 –Número de equipamentos vendidos para o modelo GAMA e DELTA

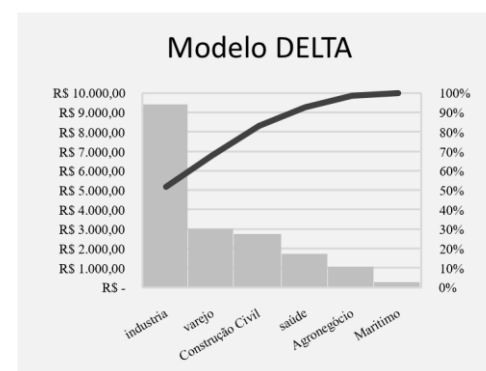
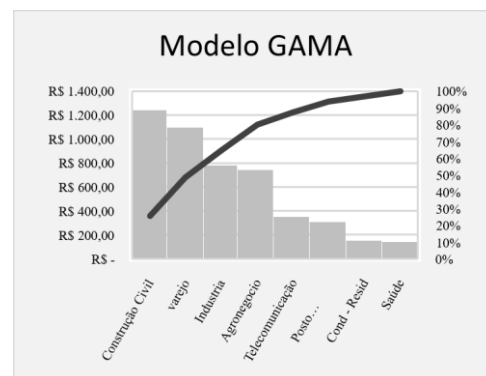
	GAMA			DELTA		
	mar/21	abr/21	mai/21	mar/21	abr/21	mai/21
Realizado	0	2	2	1	1	2
<i>Forecast SES</i>	3	3	3	3	4	5
Forecast ajustado pelo Simplex	2	2	2	1	1	1

Uma análise secundária foi realizada, com objetivo de evidenciar os segmentos com maior volume de vendas para cada modelo, podendo assim direcionar esforços de marketing e recursos operacionais a estes setores. Na figura 05, pode-se observar que a maior aplicabilidade do modelo GAMA é na construção civil seguida do varejo, superando setores importantes com indústria e agronegócio. Ambos juntos, construção civil e varejo, representam mais de 60% das vendas deste modelo. Também pode-se observar que a maior aplicabilidade do modelo DELTA é na indústria, superando setores importantes com construção civil e saúde. Somente a indústria representa mais de 60% das vendas deste modelo. A Tabela 5 evidencia o quantitativo e valores por segmento na série histórica de 2016 a 2021.

Tabela 05 – Quantitativo e valores por segmento

Segmento		2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Agronegócio	Unid.	2	2	4	1	2	0	11
	R\$ x 1000	116	117	266	83	160,5	0	742,5
Cond - Resid	Unid.	1	0	0	0	1	0	2
	R\$ x 1000	66	0	0	0	90	0	156
Construção Civil	Unid.	2	1	1	6	4	1	15
	R\$ x 1000	128	70	95	473,25	391	83,5	1240,75
Industria	Unid.	1	4	3	0	3	0	11
	R\$ x 1000	69	280	193,81	0	238,1	0	780,91
Posto de Combustível	Unid.	0	2	1	2	0	0	5
	R\$ x 1000	0	100	50	159,2	0	0	309,2
Saúde	Unid.	0	1	0	1	0	0	2
	R\$ x 1000	0	64	0	82	0	0	146
Telecomunicação	Unid.	0	0	4	1	0	0	5
	R\$ x 1000	0	0	261,4	91,3	0	0	352,7
Varejo	Unid.	2	2	3	3	5	0	15
	R\$ x 1000	116,5	132	194	235,9	421,6	0	1100
Total	Unid.	8	12	16	14	15	1	66
	R\$ x 1000	495,5	763	1060,21	1124,65	1301,2	83,5	4828,06

Segmento		2016	2017	2018	2019	2020	2021	Total
Agronegócio	Unid.	0	0	4	0	0	0	4
	R\$ x 1000	0	0	1080	0	0	0	1080
Construção Civil	Unid.	0	0	2	9	0	0	11
	R\$ x 1000	0	0	493,8	2265	0	0	2758,8
Industria	Unid.	4	4	10	3	5	4	30
	R\$ x 1000	989,9	1411	3352,7	800,5	1705,2	1180,25	9439,55
Saúde	Unid.	0	1	1	0	4	0	6
	R\$ x 1000	0	214,65	250	0	1276	0	1740,65
Marítimo	Unid.	0	0	0	1	0	0	1
	R\$ x 1000	0	0	0	274,8	0	0	274,8
Varejo	Unid.	2	3	1	1	5	0	12
	R\$ x 1000	550	551,5	183,5	340	1389	0	3014
Total	Unid.	6	8	18	14	14	4	64
	R\$ x 1000	1539,9	1962,5	5110	3680,3	3094,2	1180,25	16567,2



Observa-se que com a aplicação da modelagem tradicional com ajuste baseado no método simplex para a demanda intermitente, o valor do MAE para ambos os modelos foi reduzido, refletindo em uma solução otimizada, reduzindo custos e estoque desnecessário. As vantagens em ter um sistema de previsão que pode ser ajustado de acordo com restrições inerentes ao negócio é obter a informação de forma rápida e padronizada, disseminar o conhecimento da modelagem matemática como ferramenta para tomada de decisões e minimizar erros de aquisições em demasia do mesmo modelo de equipamento. Observando de forma estruturada os valores e os quantitativos por segmento é possível direcionar esforços de marketing e de logística, para adequação do espaço de armazenamento e compra de insumos e acessórios específicos de cada segmento.

5. CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO

Este estudo propôs um sistema de previsão de demanda, baseado na modelagem da demanda intermitente e em restrições específicas. Para isso os dados foram modelados utilizando a suavização exponencial com ajuste baseado no método simplex. Os resultados obtidos indicam a previsão de demanda de venda dos modelos analisados e em segundo plano, evidenciam os segmentos de maior representatividade nas vendas.

A empresa em questão não possui um sistema estruturado para o estudo de *forecast* e tomada de decisão é realizada de forma empírica. Este estudo poderá auxiliar a tomada de decisão com embasamento matemático implicando em maior credibilidade ao processo, de modo geral. Além disso, a suavização exponencial é uma modelagem matemática relativamente simples, expandindo as oportunidades de aplicação para os demais modelos da empresa, podendo inclusive ser aplicada em outras empresas de médio ou pequeno porte.

As limitações encontradas foram a quantidade de produtos analisados, apenas dois dentro dos disponíveis para formação do estoque. Outra limitação foi a utilização de uma única modelagem matemática, a suavização exponencial simples. Sua utilização se justificou neste contexto pela facilidade de aplicação e adaptabilidade para uma gama maior de modelos para expansão do sistema de previsão proposto, sugestão para aplicação em trabalhos futuros. A verificação do processo estudado, aplicando outras modelagens matemáticas, consiste em outra sugestão de trabalho futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHUA, W.K.W; Yuan, X.M.; Ng, W; Cai, T. *Short term forecasting for lumpy and non-lumpy intermittent demands*. The IEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN 2008). DCC, Daejeon, Korea July 13-16, 2008

DAI, R.; FENG, H.; HU, J.; JIN, Q.; LI, H.; WANG, R.; XU, L.; ZHANG, X.; *The impact of COVID-19 on small and medium-sized enterprises (SMEs): Evidence from two-wave phone surveys in China*. *China Economic Review*, v. 67, 2021.

FIGUEREDO, C.J. **Previsão de séries temporais utilizando a metodologia Box & Jenkins e redes neurais para inicialização de planejamento e controle da produção**. 2008. 176p. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6º edição. São Paulo: Atlas, 2017.

GUIMARÃES, P. L. **Processo de previsão de demanda para empresa têxtil**. 2008. 113 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

HILLIER, Frederick S. **Introdução à pesquisa operacional**. 9. Porto Alegre, AMGH, 2013.

JOHNSTON, F.R; BOYLAN, J.E. *Forecasting for items with intermitente demand*. *Journal of the Operational Research Society*. 47, 113-121, 1996.

KOCHI, G. T. **Aplicação dos modelos de previsão de demanda intermitente na gestão do estoque de peças de reposição de relógios**. Monografia. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

KOENIG, Armin. **Previsão de Demanda em séries temporais intermitentes mediante a utilização do Método de Croston**. 2014. 192f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

KOTLER, P. **Administração de Marketing. Análise, Planejamento, Implementação e Controle**. Editora Atlas, 5ª ed., São Paulo, 1998.

KOURENTZES, N. *On intermittent demand model optimisation and selection*. *International Journal of Production Economics*, v. 156, p. 180-190, 2014.

MAKRIDAKIS, S. G.; HIBON, M. *The M3-Competition: results, conclusions and implications*. *International Journal of Forecasting*. v. 16, 2000, p. 451-476.

MARTINS, Petrônio G.; ALT, Paulo R.C. **Administração de Materiais e Recursos Patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2000.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. **Administração da Produção**. 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

MENTZER, J. T.; BIENSTOCK, C. C. *Sales Forecasting Management*. California: Sage, 1998.

MONTGOMERY, D. C. e JOHNSON, L. A. *Forecasting and time series analysis*. New York: McGraw-Hill, c1976.

PINÇE, Ç; TURRINI, L; MEISSNER, J. **Intermittent demand forecasting for spare parts: A Critical review**. *The International Journal of Management Science*, v. 105, 2021.

PLOSKAS, N.; SAMARAS, N. *The Journal of Systems and Software GPU accelerated pivoting rules for the simplex algorithm*. *The Journal of Systems & Software*, v. 96, p. 1–9, 2014.

SAN, R. E. N. Z.; CHEN, Y. *Hybrid Simplex-improved Genetic Algorithm for Global Numerical Optimization*. *ACTA Automatica Sinica*, v. 33, n. 1, 2007.

SEIFERT, R.; MARKOFF, R. *Digesting the shocks: how supply chains are adapting to the COVID-19 lockdowns*. *International Institute for Management Development*, Available from: www.imd.org. 2020.

SYNTETOS, A. A.; BOYLAN, J. E. *On the variance of intermittent demand estimates*. *International Journal Production Economics*. 128, 546–555, 2010

SYNTETOS, A. A.; BOYLAN, J. E.; CROSTON, J. D. *On the categorization of demand patterns*. *Journal of the Operational Research Society*, v.56, n.5, p. 495-503, 2010

YIN, R. K.; **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.