

## **Detalhamento Técnico da Solução (LLD)**

### **1. Introdução**

Este documento apresenta um detalhamento técnico da nossa solução que envolve a junção de várias bases de dados, a aplicação de métodos matemáticos avançados e a implementação de um sistema de recomendação. A solução é projetada para otimizar a alocação de Ordens de Compra (OCs) no ambiente dinâmico e multivariável que é a implantação de rede de acesso.

A solução começa com a junção de várias bases de dados, cada uma contendo informações críticas relevantes para o projeto. Em seguida, é aplicado o Método de Análise Multicritério PROMETHEE, uma abordagem matemática que auxilia na tomada de decisões ao avaliar um conjunto de alternativas com base em múltiplos critérios. Este método produz um ranking de OCs, que é então ajustado usando a técnica de Programação Linear para levar em conta várias restrições de negócio.

Finalmente, um Sistema de Recomendação é implementado para identificar e aproveitar oportunidades que podem ter sido negligenciadas no ranking principal. O resultado é uma alocação otimizada de OCs que leva em conta uma variedade de critérios e restrições, maximizando a eficiência do processo de alocação.

Este documento detalha cada etapa deste processo, explicando as técnicas utilizadas, os desafios enfrentados e as soluções implementadas. Ele serve como um guia abrangente para entender como a solução foi desenvolvida e como ela funciona na prática.

### **2. ETL**

ETL, que significa Extração, Transformação e Carga (do inglês, Extract, Transform, Load), é um processo crucial na gestão de dados. Ele permite a coleta de dados de diversas fontes, a transformação desses dados para um formato adequado e, por fim, a carga desses dados transformados em um sistema de destino, como um data warehouse. No contexto do nosso Produto Mínimo Viável (MVP), optamos por realizar a coleta de dados de forma manual para validar rapidamente as hipóteses do produto. No entanto, para o produto final, planejamos automatizar esse processo de ETL. Isso significa que a extração de dados será realizada automaticamente, aumentando a eficiência do processo e permitindo a atualização contínua dos dados. Essa automação é fundamental para garantir que o produto possa escalar e atender às demandas de um volume maior de dados. Abaixo, detalhamento das bases utilizadas:

- a. **Relatório Personalizado LTE - HMM\_PRB.xlsx:** Base com a informação de PRB Utilization a nível de célula, 1ª HMM/dia, de uma semana. Realizada agregação a nível de Station.
- b. **Rel Extração Base Rollout Acesso\_PMO.xlsx:** Base com as informações das OCs, advindas do Netflow. Informações mais relevantes para o projeto: TX, RFW, Detentor, Vendor
- c. **data - 2024-06-04T091321.262\_VORONOI.xlsx:** Informações do ECQ com o processamento do VORONOI. Utilizada a informação do IncECQ. Dados referente a 1 mês.

- d. **2G3G4G5G\_STATUS\_CELULA\_CONSOLIDADO\_NPS.csv**: Base com as informações das células mais utilizadas pelos clientes detratores, que responderam a pesquisa do NPS.
- e. **GSBI.xlsx**: Base com a classificação GSBI de todos os sites da rede.
- f. **Base\_Promethee.xlsx**: Base com a junção de todos os inputs citados anteriormente, incluindo os pesos de cada variável. A coluna ranking é a informação esperada como output dos próximos passos. Exemplo, abaixo na Figura 1.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
Site	COMERCIAL	CORPORATIV	DEMANDA SAZON	NPS	OBRIGAÇÃO	CAPACIDA	ECQ	GSBI	RISCO	RFV	DETENT	TIPO IN	URGÊNCIA	ranki	LAT	LONG	VEND	
peso	3,00%	3,00%	3,00%	10,00%	5,00%	5,00%	10,00%	5,00%	9,00%	9,00%	9,00%	9,00%	20,00%					
q	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
p	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1					
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1					
658480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	8	8	3	5	-12,929267	-41,151756	NOKIA	BA
712094	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	8	8	3	4	-4,603917	-37,880833	HUAWEI	CE
990716	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8	10	6	0	-12,940244	-38,404797	ERICSSON	BA
1054430	0	0	0	1	0	0	0	0	2	8	2	2	9	10	-5,985278	-35,18225	HUAWEI	RN
994794	0	1	0	0	0	0	0	0	4	1	7	9	3	3	-7,595108	-44,274078	NOKIA	PI
.....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.....	.....	.....	.....

Figura 1: Exemplo da Base\_Promethee.xlsx consolidade

### 3. Método de Análise Multicritério (PROMETHEE<sup>1</sup>)

O Método de Análise Multicritério é uma abordagem matemática que auxilia na tomada de decisões ao avaliar um conjunto de alternativas com base em múltiplos critérios. Entre os diversos métodos de análise multicritério, o PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) se destaca. Introduzido por Brans e Vincke em 1985, o PROMETHEE utiliza a relação de superação ou sobreclassificação, permitindo a análise de um sistema por meio da comparação por pares de elementos a partir da escala de prioridades. Sua relevância reside na capacidade de modelar as preferências do tomador de decisões, incorporando critérios como impacto dos fatores estratégicos e aspectos operacionais dos processos de negócio. Isso torna o PROMETHEE uma ferramenta valiosa para a tomada de decisões em diversos contextos, desde a priorização de sistemas de informação até a gestão de processos no serviço público.

A priorização é efetuada produz um ranking de 1 a N, onde N representa a linha de menor importância. O ranking é estabelecido com base nos critérios, pesos e na configuração de 'q' e 'p' de cada característica, onde 'q' simboliza indiferença e 'p' simboliza preferência (conforme ilustrado na Figura 2). Há de se ressaltar que esta é uma das funções de preferência do método e existem outras a serem exploradas para outras modelagens. Esta etapa foi implementada em Python no ambiente Alteryx.

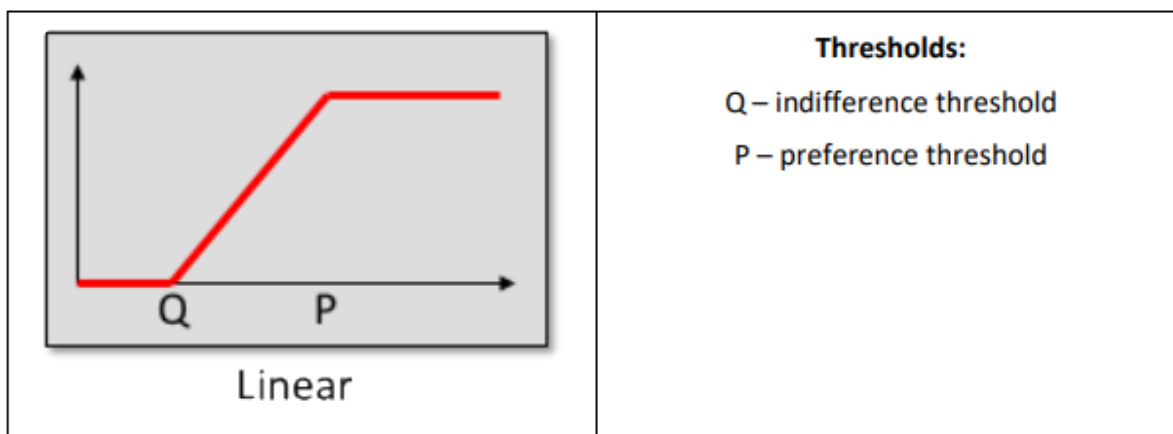


Figura 2: *Linear Preference Function*. Mais detalhes em Brans, 1985.

Os múltiplos critérios de análise e seus respectivos pesos podem variar e os em três eixos a saber:

1. **Necessidade**, com os critérios de engenharia, comercial, regulatório, ECQ, NPS etc., como critérios motivadores para a OC.
2. **Facilidade**, com os critérios relacionados a facilidade de implantação, relacionados a infraestrutura, TX, Tipo de infra e outros.
3. **Urgência**, Como critério temporal, da necessidade de quanto ativar a OC.

Como exemplo, uma OC pode ser necessária para a Engenharia, porém com dificuldades de implantação (eixo facilidade) e não ter urgência no momento (um site do Réveillon estando em junho)

Outra OC pode ter muito fácil de implantar (site ATC, com RFI e TX ok), porém não ser importante para engenharia e nem urgente (Exemplo, uma OC do projeto TAC 2026).

Outra OC pode ser difícil de implementar (Site novo, sem RFI e sem TX), não importante para engenharia, porém urgente, pois há um prazo acordado para atender (exemplo, uma OC do projeto TAC 2024, supondo ser nov/24 com prazo final em dez/24).

Como exemplo para o MVP, utilizamos os critérios, pesos e parâmetros definidos na Tabela 1. A soma dos pesos é 100%, o tipo indica se os valores são quando maior melhor ou o contrário (-1). Os valores de q e p são parâmetros da função de preferência conforme definidos acima.

Eixo	Feature	Peso	tipo	q	p
Engenharia	COMERCIAL	3,0%	1	0	0
Engenharia	CORPORATIVO	3,0%	1	0	0
Engenharia	DEMANDA SAZONAL	3,0%	1	0	0
Engenharia	NPS	10,0%	1	0	0
Engenharia	OBRIGAÇÃO	5,0%	1	0	0
Engenharia	CAPACIDADE	5,0%	1	0	0
Engenharia	ECQ	10,0%	1	0	0

Engenharia	GSBI	5,0%	1	0	0
Facilidade	RISCO TX	9,0%	-1	1	1
Facilidade	RFW	9,0%	-1	1	1
Facilidade	DETENTOR	9,0%	-1	1	1
Facilidade	TIPO INFRA	9,0%	-1	1	1
Urgência	URGÊNCIA	20,0%	-1	0	0

Tabela 1. Critérios e pesos utilizados. Destaque para Urgência, ECQ, NPS

Importante salientar, que em uma futura utilização da ferramenta, os critérios, pesos, funções de preferência e critérios de configuração delas precisarão ser ajustadas conforme regras de negócio.

#### 4. Programação Linear

A Programação Linear é uma técnica matemática utilizada para otimizar o desempenho ou eficiência de um sistema, buscando maximizar ou minimizar uma função linear sujeita a um conjunto de restrições lineares. Foi George Dantzig<sup>2</sup>, enquanto trabalhava para a Força Aérea dos Estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial, que desenvolveu o método Simplex para resolver problemas de programação linear. O método Simplex, introduzido em 1947, transforma o problema em um espaço geométrico e percorre os vértices desse espaço até encontrar a solução ótima.

A relevância do método Simplex reside na sua capacidade de resolver problemas complexos de otimização de forma eficiente, sendo aplicável a problemas de grande escala. Ele tem aplicações em diversas áreas, como economia, engenharia e operações industriais. No contexto de ferramentas modernas, a Google criou a biblioteca OR-Tools, que pode ser usada com Python, Java, C++ ou C# para resolver problemas de programação linear e outros problemas de otimização. Essa biblioteca amplia a acessibilidade e a aplicabilidade do método Simplex e da programação linear em geral, permitindo a sua utilização em uma variedade ainda maior de contextos e aplicações.

Neste cenário, vamos considerar a aplicação da programação linear para ajustar a alocação das OCs pois existem várias restrições de negócio que precisam ser levadas em consideração durante esse processo. Vamos exemplificar com três dessas restrições:

- **Vendor:** Esta restrição garante a diversificação dos fornecedores, não permitindo que todas as OCs sejam alocadas a um único fornecedor, evitando ociosidade de algum fornecedor.
- **UF:** Esta restrição impede a concentração de todas as OCs em uma única UF. Isso pode ser importante para garantir a distribuição geográfica equitativa das operações e evitar a dependência excessiva de uma única região. Poderia ser facilmente alterado para “regional”
- **Total de OCs:** Este é um limite no número total de OCs que podem ser alocadas. Isso pode ser definido em termos de um número absoluto de OCs, um número de Layers, ou um valor financeiro real.

Essas são apenas algumas das possíveis restrições de negócio que podem ser consideradas e, dependendo do contexto específico, podem existir muitas outras restrições relevantes.

## 5. Sistema de recomendação

Finalmente, chegamos a um componente crucial do nosso processo: o Sistema de Recomendação. Este sistema desempenha um papel vital ao sugerir um percentual de OCs que são tanto relevantes quanto viáveis, mas que, por algum motivo, não foram destacadas no ranking principal.

O objetivo desta etapa é maximizar a eficiência do processo de alocação, identificando e aproveitando oportunidades que podem ter sido negligenciadas. Uma dessas oportunidades é a sinergia geográfica. Por exemplo, se várias OCs estão localizadas na mesma região, pode ser mais eficiente aloca-las juntas para economizar em custos de transporte e logística.

Além disso, o sistema de recomendação pode identificar OCs que, embora não estejam no topo do ranking, podem oferecer benefícios significativos em termos de custo, tempo ou outros fatores relevantes. Isso permite uma alocação mais eficaz dos recursos, aumentando a produtividade geral do processo.

O nosso sistema de recomendação foi implementado utilizando o próprio PROMETHEE, conforme passo a passo a seguir:

1. As OCs não selecionadas para o ranking principal são separadas.
2. Para cada OC do ranking Principal é criado um problema de priorização com PROMETHEE para analisar as OCs não selecionadas, do mesmo vendedor, considerando dois critérios: a posição no ranking global das OCs não selecionadas e a distancia até a OC do ranking principal sendo avaliada.
3. As N (N configurável) OCs mais bem posicionadas no ranking global E mais próximas a OC principal são recomendadas.
4. As OCs recomendadas são retiradas da lista para não serem recomendadas novamente.

Etapa implementada em python dentro do Alteryx.

## 6. Parâmetros utilizados no MVP

Para o MVP, analisamos 644 OCs da TNE nos 13 critérios definidos acima, onde cada critério tem escalas diferentes. Do total de OCs para análise, configuramos o sistema para selecionar as 100 mais bem posicionadas no Ranking, além disso recomendar 2 OCs para cada uma das 100 OCs principais (Figura 3).

```
NumMaxRanking = 100          # Numero de OCs do Ranking principal
NumRecomendacoes = 1         # Recomendações por OC do Ranking Principal
PesoDistanciaRecomendacao = 0.50 # 50% de peso para distância
                                # 0 peso da distancia e o complemento #
SISTEMA DE RECOMENDACAO
qRecomendacao = 10 # km       # Fator de indiferença do PROMETHEE para a
distância na recomendação
pRecomendacao = 30 # km       # Fator de rampa do PROMETHEE para a
distância na recomendação
RECOMENDACOES = 2             # 2x NumMaxRanking será recomendado
```

```

# PROGRAMACAO LINEAR
RESTRICAO_VENDOR = 0.1          # RESTRICAO VENDOR. Pelo menos 10% das OC do
Ranking principal                # tem que ser alocadas para cada vendor
                                  # Pelo menos 3% das OCs do Ranking principal
RESTRICAO_UF = 0.03             # tem que ser
                                  # de cada UF

```

Figura 3: Configuração do MVP.

## 7. Resultados

A saída do sistema são dois arquivos, um com o ranking principal (dfPrin) e outro com as OCs Recomendadas (dfRecom), que posteriormente são apresentados no PowerBI.

✓ dfPrin ...

	Site	ranking	lat	long	vendor	UF
501	777841	1.0	-3.755250	-38.523944	HUAWEI	CE
514	778146	2.0	-3.768039	-38.538689	HUAWEI	CE
424	775764	3.0	-5.831417	-35.217528	HUAWEI	RN
403	775456	4.0	-5.809472	-35.202528	HUAWEI	RN
478	777231	5.0	-3.741389	-38.475833	HUAWEI	CE
...	...	...	...	...	...	...
447	776352	96.5	-9.603056	-35.723083	HUAWEI	AL
485	777317	96.5	-12.989944	-38.457167	ERICSSON	BA
380	774550	96.5	-12.993833	-38.517444	ERICSSON	BA
486	777320	99.0	-12.987222	-38.467972	ERICSSON	BA
345	773777	104.0	-10.924639	-37.067389	ERICSSON	SE

100 rows × 6 columns

Figura 4: dfPrin, com a saída do ranking principal.

✓ dfRecom ...

	OCRecomendada	rankingGlobal	distancia	rankingLocal	OCPrincipal
0	773853	104.0	2.80	1.0	777841
1	774165	104.0	5.73	2.0	777841
2	778151	104.0	5.01	1.0	778146
3	773537	104.0	6.27	2.0	778146
4	775147	104.0	4.49	1.0	775764
8	773847	104.0	5.87	1.0	777231
76	777073	104.0	3.96	1.5	773731
77	777071	104.0	2.85	1.5	773731
9	777837	109.0	10.22	2.0	777231
5	775455	111.0	1.79	2.0	775764
6	775151	111.0	2.48	1.0	775456
7	775453	111.0	7.07	2.0	775456
87	852904	113.5	116.71	2.0	775125
41	852906	113.5	153.01	2.0	776055
10	776702	115.0	8.56	1.0	777009

Figura 5: dfRecom, com a saída do ranking de OCs recomendadas.

Essa informação e então visualizada interativamente no Microsoft PowerBI, conforme abaixo na Figura 6.



Figura 6: PBI apresentado como MVP.

## 8. Conclusão

Este documento apresentou um detalhamento técnico de uma solução robusta e multifacetada para a otimização da alocação de Ordens de Compra (OCs). Através da integração de várias bases de dados, da aplicação do Método de Análise Multicritério PROMETHEE, da programação linear e da implementação de um Sistema de Recomendação, foi possível criar um processo de alocação que considera uma variedade de critérios e restrições de negócio. Além disso, o Sistema de Recomendação provou ser uma ferramenta valiosa para identificar oportunidades que podem ter sido negligenciadas no ranking principal.

Os resultados obtidos com esta solução reforçam a importância da aplicação de métodos matemáticos e sistemas de recomendação na tomada de decisões de negócios. Eles também destacam o valor da flexibilidade e adaptabilidade na gestão de recursos, permitindo uma alocação mais eficiente e produtiva.

Em suma, este trabalho representa um passo significativo na otimização da alocação de recursos em ambientes de negócios dinâmicos e competitivos. Ele serve como um exemplo de como a integração de dados, a aplicação de métodos matemáticos e a implementação de sistemas de recomendação podem trabalhar juntos para melhorar a eficiência e a eficácia dos processos de negócio.

## 9. Glossário

**Método de Análise Multicritério (PROMETHEE):** É uma abordagem matemática que auxilia na tomada de decisões ao avaliar um conjunto de alternativas com base em múltiplos critérios.

**Programação Linear:** É uma técnica matemática utilizada para otimizar o desempenho ou eficiência de um sistema, buscando maximizar ou minimizar uma função linear sujeita a um conjunto de restrições lineares.

**Sistema de Recomendação:** Este sistema tem como função fornecer sugestões de itens baseadas no interesse do usuário e que sejam capazes de atender às suas necessidades.

**ETL (Extração, Transformação e Carga):** É um processo crucial na gestão de dados que permite a coleta de dados de diversas fontes, a transformação desses dados para um formato adequado e, por fim, a carga desses dados transformados em um sistema de destino, como um data warehouse.

**Python:** É uma linguagem de programação poderosa e flexível.

**Alteryx:** É uma plataforma de análise de dados que permite a execução de uma variedade de tarefas de análise de dados, incluindo a programação linear, de maneira intuitiva e eficiente.

**Google OR-Tools:** É uma biblioteca que pode ser usada com Python, Java, C++ ou C# para resolver problemas de programação linear e outros problemas de otimização.



**PowerBI:** É uma coleção de serviços de software, aplicativos e conectores que trabalham juntos para ajudar a criar, compartilhar e consumir insights de negócios de maneira mais eficaz.

## **10. Referências**

<sup>1</sup> BRANS et al., 1986, [How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method.](#)

<sup>2</sup>DANTZIG et al., 1963, [Linear Programming and Extensions](#)