

## Problemas de otimização na engenharia ambiental utilizando o Microsoft Excel

## Optimization issues in environmental engineering using Microsoft Excel

### RESUMO

**Lucas Mori Matsumoto**  
[lmatsumoto@alunos.utfpr.edu.br](mailto:lmatsumoto@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

**Lucas Beluomini**  
[lucasbeluomini1@gmail.com](mailto:lucasbeluomini1@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

**Thelma Pretel Brandão Vecchi**  
[thelmapbv@gmail.com](mailto:thelmapbv@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

A utilização dos meios tecnológicos para otimizar o dia a dia, se iniciou durante a Segunda Guerra Mundial, para fins de aproveitamento de recursos. Com base nisto, o referente trabalho tem por objetivos definir uma técnica de otimização do reuso da água e o desenvolvimento de exemplos bases a serem utilizados no Microsoft Excel. Os experimentos, por sua vez, foram realizados no *software* e utilizados dados fictícios, no qual foi possível a preposição de um modelo com cinco membranas e uma otimização de água permeada a partir de uma quantia restrita de efluente e tempo, o que possibilitou saber quais membranas seriam viáveis utilizar, tendo em vista analisar sempre o máximo permeado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso de água. Ultrafiltração. Modelação matemática.

**Recebido:**

**Aprovado:**

**Direito autorial:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



### ABSTRACT

The use of technological means to optimize everyday life began during world war ii, for the purpose of harnessing resources. based on this, this work aims to define a technique for optimizing water reuse and the development of base examples to be used in microsoft excel. the experiments, in turn, were performed in the software and used apparent data, in which it was possible to preposition a model with five membranes and na optimization of permeated water from a limited amount of effluent and time, which made it possible to know which membranes would be feasible to use, in order to always analyze the maximum permeate.

**KEYWORDS:** Water reuse. Ultrafiltration. Mathematical modeling.

## INTRODUÇÃO

A otimização está presente em nosso dia a dia geralmente em situações no qual necessita a tomada de decisões, que envolvem fatores e alternativas as quais podemos escolher até chegarmos na opção mais desejada, que satisfaça a nossos desejos ou as nossas possibilidades do momento. Com base nisso, há uma área na matemática responsável por resolver problemas como esses, chamada Pesquisa Operacional (PO).

Tal pesquisa começou a ser desenvolvida na Segunda Guerra Mundial, quando era necessário otimizar a indústria bélica a ponto de aproveitar ao máximo os recursos disponíveis em momentos escassos, juntamente com a força aérea americana nas construções de aviões e uso de combustível.

Ademais, dentro da área de Pesquisa Operacional, destacam-se os Problemas de Programação Linear (PPL), originados a partir dos estudos de George Dantzig, por volta de 1940. Ele foi responsável pela formulação dos problemas em programação linear e ainda pelo desenvolvimento do Algoritmo Simplex, método utilizado na solução desses problemas.

Neste trabalho, o qual é resultado de pesquisas realizadas num projeto de iniciação científica, utilizamos essa teoria com o intuito de resolver problemas ambientais. Posto isso, utilizou-se um problema que envolve processos de membrana de ultra filtração com o intuito de otimizá-lo, de tal forma que seja possível fazer o reuso do efluente como água industrial, irrigação e outras aplicações de água não potável.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus de Campo Mourão ( $24^{\circ}03'42''$  S,  $52^{\circ}23'12''$  O), com início no mês de agosto de 2018.

Foram estudados dois exemplos de PPL presentes no livro Programação Linear – Marcos Pereira Estellita Lins e Guilherme Marques Calôba, no qual analisamos os problemas e recriamos, com o auxílio do Microsoft Excel, o problema relacionado a engenharia ambiental. Desta forma, teve-se como base o assunto de membrana de ultra filtração estudados no artigo técnico sobre Modelação matemática e otimização operacional de processos de membrana de ultra filtração – Sandro Rogério Lautenschlager, Sidney Seckler Ferreira Filho e Osni Pereira, no qual o objetivo foi saber qual tipo de membrana utilizar para que haja uma otimização no quesito tempo e quantidade, com a finalidade de que essa água possa ser utilizada para irrigações.

Ademais, deve-se colocar os tipos de membranas que serão utilizadas para identificar quanto de permeado passa, além disso, suas restrições também devem ser indicadas (quantidade de água e tempo disponíveis).

Todos os dados foram colocados na planilha do Microsoft Excel e, para a solução do problema, foi selecionado o método simplex.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados analisados nas referências estudadas, foi utilizado apenas cinco membranas de ultra filtração ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$ ,  $F_5$ ) com suas respectivas características, sendo alguns dados fictícios, observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Características de cada membrana

Membrana	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$	$F_5$
Água (L)	1	1	1	1	1
Tempo (m)	2	2,3	3	2,5	1,8
Permeado (ml)	35	48	64	53	20

Fonte: Autoria própria (2019)

Ademais, o número de membranas podem ser 'n' e seus valores alterados de acordo com o tipo. Além disso, num problema de otimização sempre há suas restrições, expostas na Tabela 2.

Tabela 2 – Restrições aparentes

Água (L)	100
Tempo (m)	90

Fonte: Autoria própria (2019)

Posto todos os dados e restrições, são colocados no Microsoft Excel, como apresenta a Figura 1.

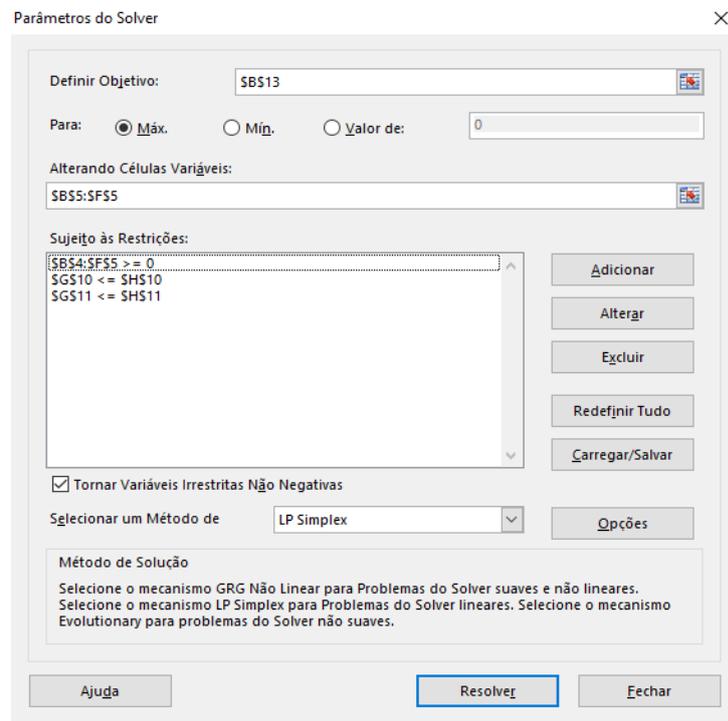
Figura 1 – Dados no Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	Função objetivo								
2	Coeficiente de variável								
3	Membrana	F1	F2	F3	F4	F5			
4	Permeado (ml)	35	48	64	53	20			
5	Variável ideal								
6									
7	Restrições								
8		Coeficiente de variável					Constante		
9		F1	F2	F3	F4	F5	LHC	RHC	
10	Água (L)	1	1	1	1	1		100	
11	Tempo (m)	2	2,3	3	2,5	1,8		90	
12									
13	Solução =								

Fonte: Autoria própria (2019)

Após colocar todos os dados no Microsoft Excel, será necessário que no 'G10' da Figura 1, faça uma função ( $B10 - F10 * B5 - F5$ ), no 'G11' deve-se fazer outra função ( $B11 - F11 * B5 - F5$ ), para que o LHC – Valor deve ser menor ou igual a restrição (RHC). Posto isso, a localização 'B13' haverá outra equação ( $B4 - F4 * B5 - F5$ ). Contudo, deve-se selecionar a opção **Solver** na aba dos **Dados** e em seguida aparecerá uma janela, observada na Figura 2.

Figura 2 – Parâmetros do Solver



Fonte: Autoria própria (2019)

A partir desta janela, será possível adicionar restrições, selecionar o local onde será a solução, a linha ou coluna de variáveis; neste caso, temos um problema de programação linear e consideramos o método LP Simplex para solucioná-lo.

Portanto, ao realizar tais passos, foi encontrado a solução, na qual se consegue maximizar a quantidade de permeado, não ultrapassando as restrições como se observa na Figura 3.

Figura 3 – Variáveis e solução ideais

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	<b>Função objetivo</b>								
2	<b>Coefficiente de variável</b>								
3	<b>Membrana</b>	F1	F2	F3	F4	F5			
4	<b>Permeado (ml)</b>	35	48	64	53	20			
5	<b>Variável ideal</b>	0	0	30	0	0			
6									
7	<b>Restrições</b>								
8	<b>Coefficiente de variável</b>							<b>Constante</b>	
9		F1	F2	F3	F4	F5	LHC	RHC	
10	<b>Água (L)</b>	1	1	1	1	1	30	100	
11	<b>Tempo (m)</b>	2	2,3	3	2,5	1,8	90	90	
12									
13	<b>Solução =</b>	1920							

Fonte: Autoria própria (2019)

## CONCLUSÃO

Com base no exposto e nos resultados obtidos, pode-se concluir que a membrana 3 ( $F_3$ ) é a melhor para a filtração desse efluente, pois consegue permear 1920 litros num tempo de 90 minutos. Tendo em vista que foram medidas a permeabilidade das cinco membranas para um volume de um litro, considerando as restrições de água e tempo. Ademais, conclui-se que o *software* consegue realizar problemas de otimização para 'n' variáveis, desde que sejam problemas lineares.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a orientadora Thelma Pretel Brandão Vecchi e ao Lucas Beluomini, pelo apoio durante a realização da iniciação científica, mesmo que voluntário, pois tenho certeza que foi de suma importância para a minha vida acadêmica, pessoal e futuramente profissional.

## REFÊRENCIAS

LINS, M. P. E.; CALÔBA, G. M. **Programação Linear**: Com aplicação em teoria dos jogos e avaliação de desempenho (*data envelopment analysis*), Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2006.

LAUTENSCHLAGER, S. R.; FILHO, S. S. F.; PEREIRA, O. **Modelação matemática e otimização operacional de processos de membrana de ultrafiltração**. 2009. Artigo Técnico – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n2/a09v14n2>. Acesso em: jun. 2019.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. **Água na indústria** uso racional e reuso, Editora Oficina de textos. São Paulo, 2005.