

## IV Encontro em Ensino e Divulgação das Ciências



### **Extração do R-(+)-limoneno a partir das cascas de laranja:**

### **avaliação e otimização da verduza dos processos de extração tradicionais**

**TÂNIA C. M. PIRES<sup>1,2</sup>, M. G. T. C. RIBEIRO<sup>1,2</sup>, A. A. S. C. MACHADO<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>LAQV/REQUIMTE

<sup>2</sup>Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Julho, 2018

# Objetivos

**INVESTIGAR A VERDURA DOS PROCESSOS VIGENTES DE  
EXTRAÇÃO DO ÓLEO DE LARANJA**



**PROMOVER A INTRODUÇÃO DA QUÍMICA VERDE (QV)  
NOS LABORATÓRIOS DE ENSINO**

**AVALIAR A VERDURA QUÍMICA  
DE DIFERENTES  
PROTOCOLOS PUBLICADOS**



**PROCESSOS MAIS VERDES**

**OTIMIZAÇÃO ATRAVÉS DO  
USO DE MÉTRICAS**

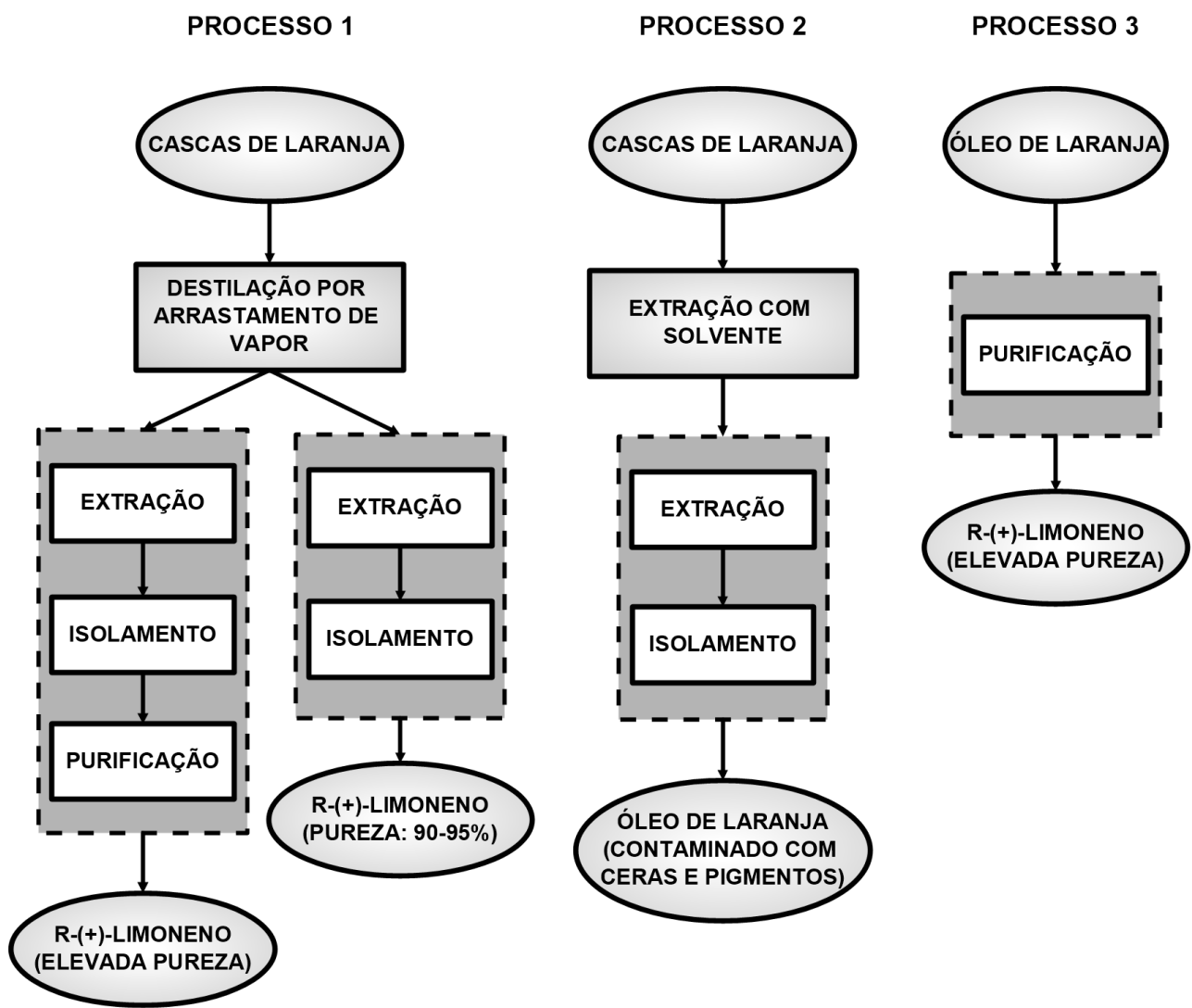


**AVALIAÇÃO  
MULTIDIMENSIONAL DA  
VERDURA**

# Metodologia

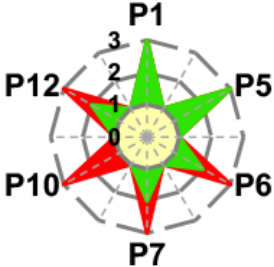
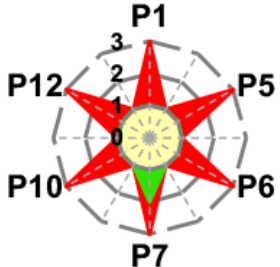
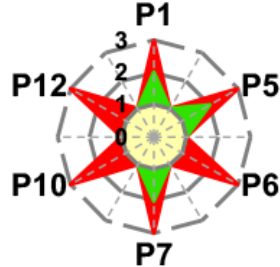
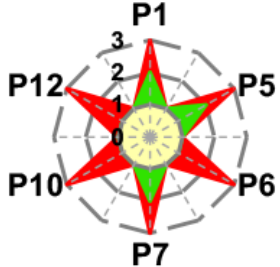


# Metodologia



# Seleção de protocolos

## MÉTRICA GLOBAL ESTRELA VERDE

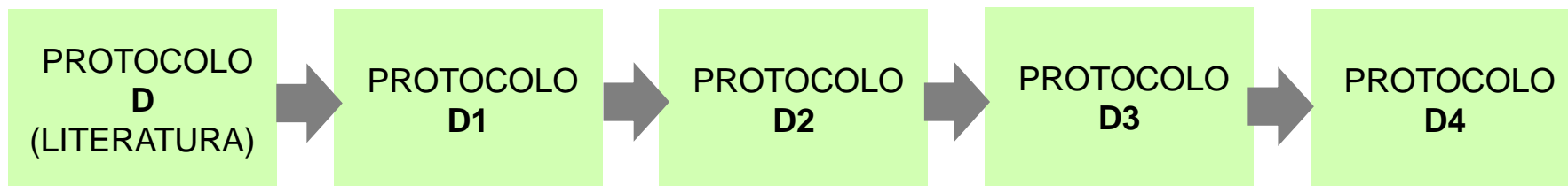
Destilação por arrastamento de vapor (protocolo D)	Extração com solvente (protocolo L)		
	Diclorometano	Acetato de etilo	Éter dietílico
 <p>IPE = 58,33</p>	 <p>IPE = 8,33</p>	 <p>IPE = 25,00</p>	 <p>IPE = 25,00</p>

A avaliação de todos os protocolos está disponível em:

<http://educa.fc.up.pt/catalogo/pt/separacoes/1>

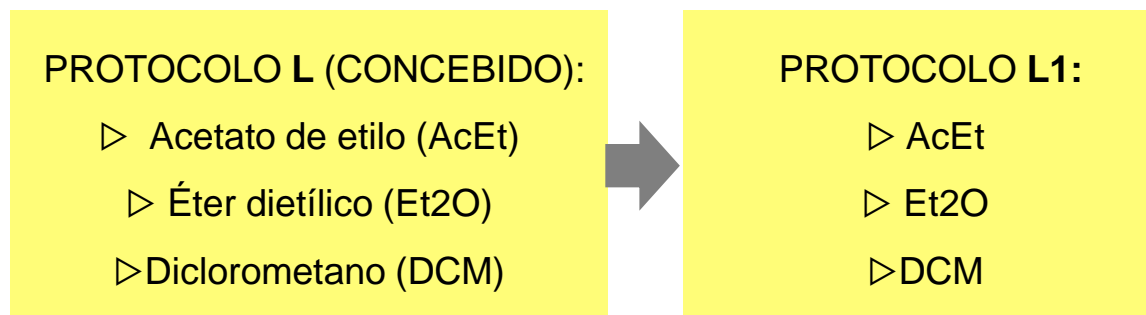
# Trabalho experimental

## PROCESSO 1 – DESTILAÇÃO POR ARRASTAMENTO DE VAPOR



Otimizações para aumentar a massa de óleo de laranja extraída no menor tempo possível

## PROCESSO 2 – EXTRAÇÃO COM SOLVENTE



Otimizações para aumentar a massa de óleo de laranja extraída

# Resultados – Métricas de Massa

## FATOR E

Fator ambiental

$$\frac{\text{massa resíduos}}{\text{massa de óleo de laranja}}$$

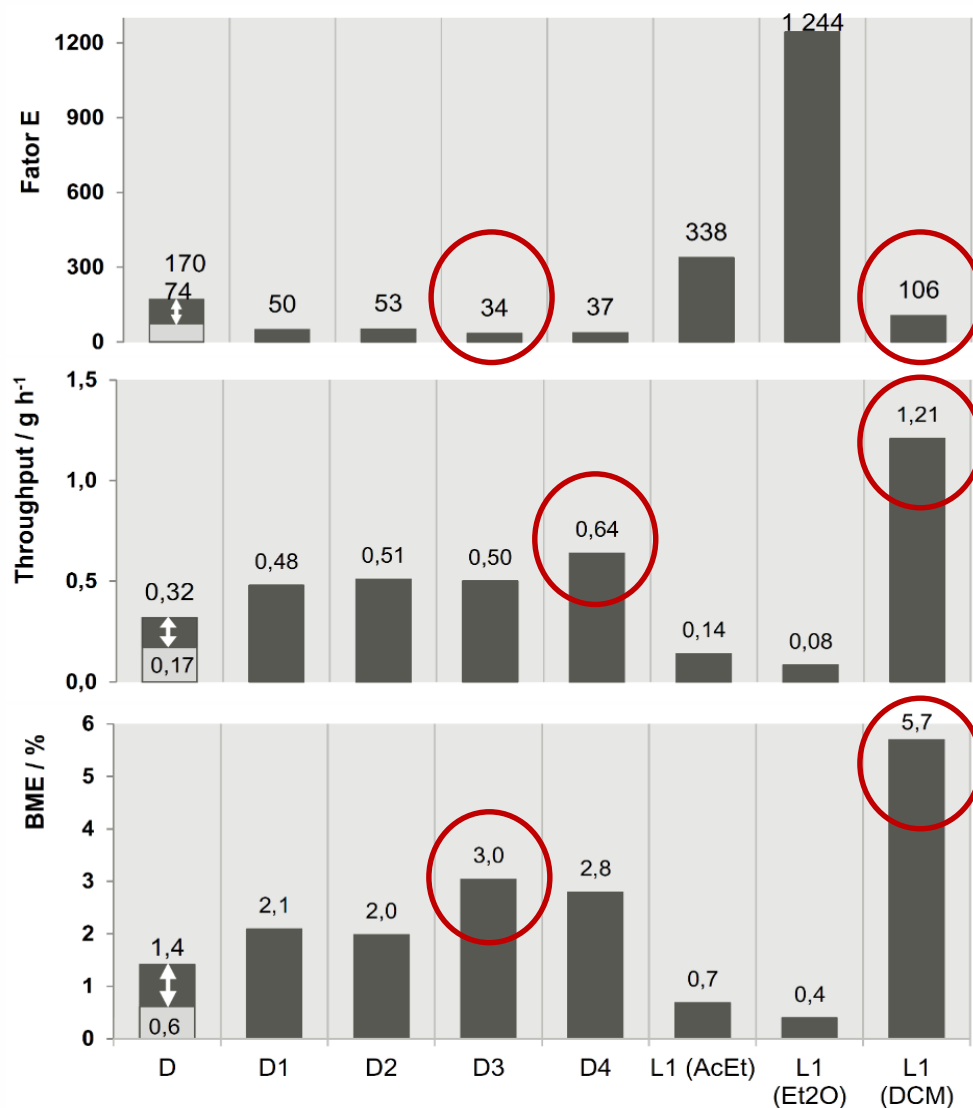
## Throughput

$$\frac{\text{massa de óleo de laranja}}{\text{tempo total}}$$

## BME

Eficiência material de biomassa

$$\frac{\text{massa de óleo de laranja}}{\text{massa de casca de laranja}} \times 100$$



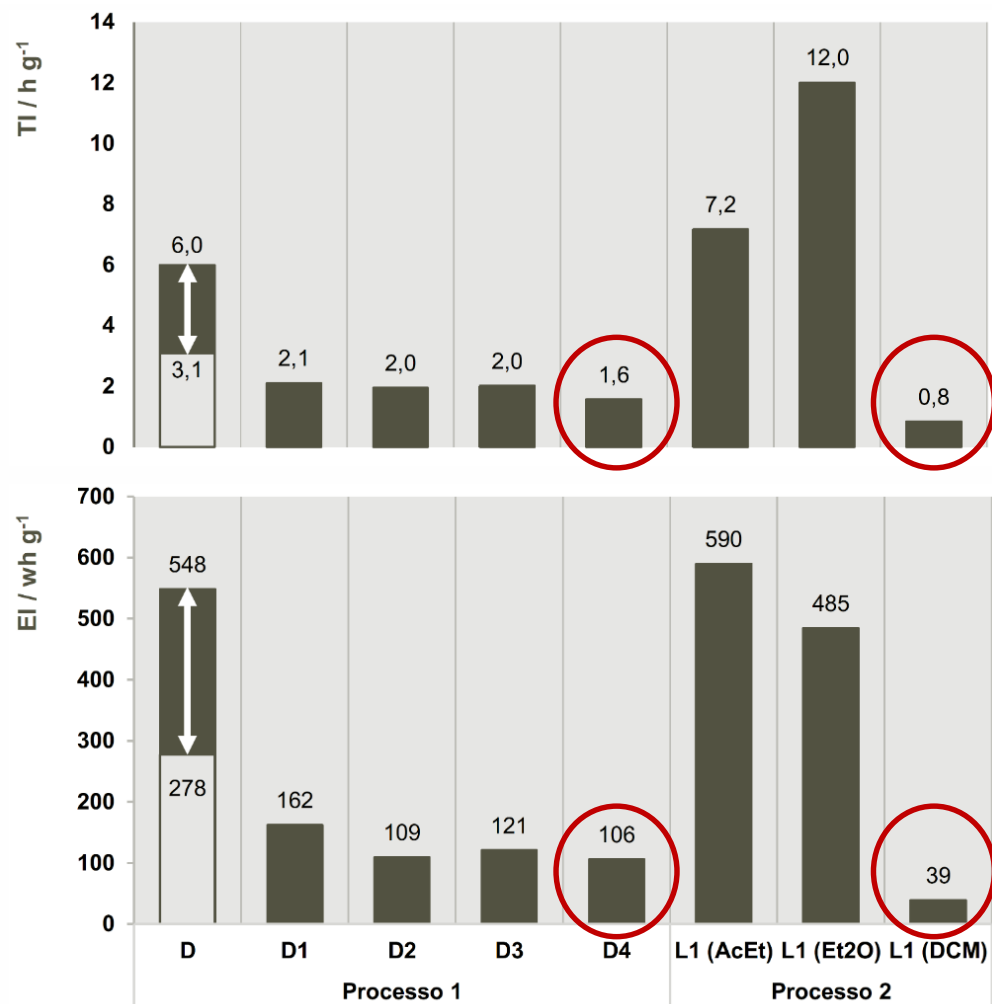
# Resultados – Métricas de Tempo e Energia

**TI**  
Intensidade de Tempo

$$\frac{\text{Tempo}}{\text{massa de produto}}$$

**EI**  
Intensidade de Energia

$$\frac{\text{Energia}}{\text{massa de produto}}$$





# Resultados – Comparação dos processos de extração

Processo	Protocolo	EV (IPE)	Métricas				
			Fator E	BME	EI	TI	Throughput
P1	D1		50	2,1	162	2,1	0,48
	D2	58,33	53	2,0	110	2,0	0,51
	D3		34	3,0	121	2,0	0,50
	D4		37	2,8	106	1,6	0,64
P2	L1(AcEt)	25,00	338	0,7	590	7,2	0,14
	L1(Et <sub>2</sub> O)	25,00	1244	0,4	485	12,0	0,08
	L1(DCM)	8,33	106	5,7	39	0,8	1,21
P3	K	50,00	0,27	-	123	0,29	2,7

PROCESSO DE DESTILAÇÃO POR ARRASTAMENTO DE VAPOR – PROTOCOLO D4:

- ▶ **MELHOR VALOR** PARA O **FATOR E**
- ▶ **OUTRAS MÉTRICAS** DE MASSA, TEMPO E ENERGIA COM **VALORES INFERIORES**
- ▶ **MELHOR IPE** NA AVALIAÇÃO COM A MÉTRICA HOLÍSTICA **ESTRELA VERDE**  
(PROCESSO QUE NÃO REQUER SOLVENTES PERIGOSOS)

# Resultados – Comparação dos processos de extração

Processo	Protocolo	EV (IPE)	Métricas				
			Fator E	BME	EI	TI	Throughput
P1	D1	58,33	50	2,1	162	2,1	0,48
	D2		53	2,0	110	2,0	0,51
	D3		34	3,0	121	2,0	0,50
	D4		37	2,8	106	1,6	0,64
P2	L1(AcEt)	25,00	338	0,7	590	7,2	0,14
	L1(Et <sub>2</sub> O)	25,00	1244	0,4	485	12,0	0,08
	L1(DCM)	8,33	106	5,7	39	0,8	1,21
P3	K	50,00	0,27	-	123	0,29	2,7

PROCESSO DE EXTRAÇÃO COM SOLVENTE – PROTOCOLO L1 (DCM):

- ▶ **MELHORES VALORES** PARA AS **MÉTRICAS** (EXCETO FATOR E)
- ▶ USA **DICLOROMETANO**, SOLVENTE COM **ELEVADO PERIGO PARA SAÚDE HUMANA**  
→ **RESÍDUOS PERIGOSOS**
- ▶ **ÓLEO** OBTIDO COM **PIOR QUALIDADE**

# Conclusões

- **DESTILAÇÃO POR ARRASTAMENTO DE VAPOR** ▶ **PROCESSO MAIS VERDE** ▶ MENOR RISCO NO MANUSEAMENTO DE SUBSTÂNCIAS E MENOR FATOR E
- **DIFERENTES MÉTRICAS DE VERDURA** ▶ **RESULTADOS CONTRADITÓRIOS** ▶ **COMPLEXIDADE DO CONCEITO DE VERDURA QUÍMICA** E DIFICULDADE EM CONCRETIZAR QV ▶ **VISÃO GLOBAL E REALISTA**
- **METODOLOGIA ADOTADA** ▶ **BASE PARA CONCEÇÃO DE OUTRAS ATIVIDADES LABORATORIAIS** ▶ **APROFUNDAR CONCEITO DE VERDURA QUÍMICA**