

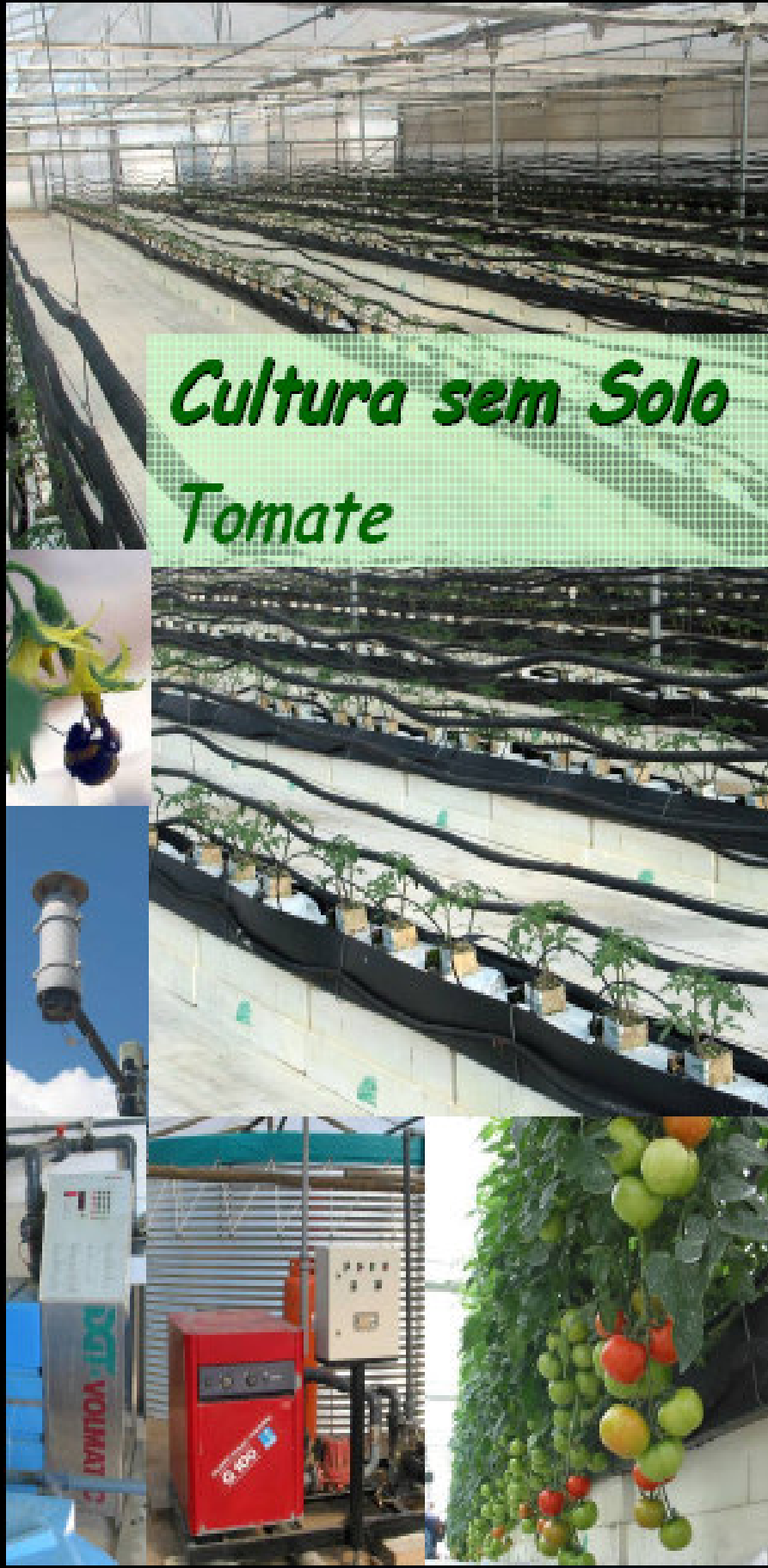
Experimentação em Cultura sem Solo

Direção Regional de Agricultura do Algarve

Grupo Hubel - Centro de Hidroponia

Universidade do Algarve – Faculdade de Engenharia de Recursos Naturais

2006





Ficha Técnica

Título

Experimentação em Cultura sem Solo. Tomate

Edição

Universidade do Algarve

Faculdade de Engenharia de Recursos Naturais

Redacção

Amindo Rosa

Mário Reis

Fotografia

Amindo Rosa

Mário Reis

Grupo Hubel

Universidade do Algarve

Design e Paginação

Mário Reis

Amindo Rosa

Impressão

Laboratório de Imagem do ITUCA

Dezembro de 2006

ISBN

972-9341-56-7

ISBN (13 dígitos)

978-972-9341-56-4

Nº de depósito Legal

251971/06

Tiragem

100 exemplares

Experimentação em Cultura sem Solo, desenvolvida no período de 2005 a 2006, ao abrigo de acordo de Parceria entre:

**Direcção Regional de Agricultura do Algarve
Centro de Hidroponia
Universidade do Algarve**



**Ministério da
Agricultura,
do Desenvolvimento
Rural e das Pescas**

DRAALG
Direcção Regional
de Agricultura do
Algarve



Equipa:

**CENTRO DE EXPERIMENTAÇÃO HORTOFRUTÍCOLA DO PATAÇÃO da
DIRECÇÃO REGIONAL DE AGRICULTURA DO ALGARVE**

Armindo Rosa (armirosa@draalg.min-agricultura.pt)

Paulo Oliveira

Baguinho de Sousa

Artur Rodrigues

CENTRO DE HIDROPONIA – GRUPO HUBEL

João Caço (jcaco@hubel.pt)

Pedro Mogo

**FACULDADE DE ENGENHARIA DE RECURSOS NATURAIS da
UNIVERSIDADE DO ALGARVE**

Mário Reis (coordenador) (mreis@ualg.pt)



CULTURA SEM SOLO

Cultura de tomate

Índice

1. OBJECTIVOS GERAIS.....	1
2. CARACTERIZAÇÃO DOS ENSAIOS	2
3. FERTIRREGA	6
4. DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS	10
5. PRODUTIVIDADE	15
6. CONTROLO AMBIENTAL NA ESTUFA METÁLICA COM O PROGRAMA S-MONITOR®	21
7. AQUECIMENTO DA ESTUFA E ENRIQUECIMENTO DA ATMOSFERA EM DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂).....	29
8. BREVE ANÁLISE ECONÓMICA DA CULTURA	34
9. CONCLUSÕES GERAIS.....	39
9.1 RELATIVAS ÀS CULTIVARES DE TOMATE ‘V1’ E ‘DUNDEE’	39
9.2 RELATIVAS ÀS CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO.....	39
9.3 RELATIVAS AO SISTEMA DE CULTIVO.....	40

1. Objectivos Gerais

No início dos anos 90 foi estabelecido um protocolo de colaboração entre a Direcção Regional de Agricultura do Algarve (DRAALG) e o Grupo Hubel, com o objectivo de desenvolver a experimentação em cultura sem solo na região. Esta colaboração foi alargada mais tarde à Faculdade de Engenharia de Recursos Naturais da Universidade do Algarve (UALG - FERN), possibilitando a realização de acções conjuntas de I&D, concretizadas nos projectos: PAMAF nº 6156 “Reutilização dos efluentes e substratos alternativos em culturas sem solo, de tomate em estufa” e AGRO nº197 “Cultura sem solo com reutilização dos efluentes, em estufa com controlo ambiental melhorado”.



Presentemente a DRAALG, a FERN e o Centro de Hidroponia (CH), em representação do Grupo Hubel, acordaram em dar continuidade ao trabalho anterior, mediante o estabelecimento de um Protocolo de

Parceria com o objectivo de utilizar as infra-estruturas instaladas durante os projectos antes referidos, para aprofundar e divulgar os conhecimentos sobre a cultura sem solo, de diferentes espécies de culturas hortícolas, na região algarvia.

Neste 1º ano de colaboração ao abrigo do Protocolo de Parceria, que decorreu

entre 2005 e 2006, decidiu-se continuar o estudo da cultura do tomate em lã de rocha, na época de Inverno, cultivado em duas estufas: uma estufa tradicional do Algarve, em madeira sem aquecimento; e uma estufa metálica com controlo ambiental, aquecimento e enriquecimento da atmosfera da estufa em dióxido de carbono. O volume e qualidade de dados obtidos justificou a sua divulgação, esperando-se que possam vir a ser de utilidade para o desenvolvimento da horticultura.



2. Caracterização dos ensaios

Localização:

As culturas decorreram em duas estufas instaladas no Centro de Experimentação Horto-Frutícola do Patacão da DRAALG, uma de madeira e outra metálica.

Estufa metálica – Estrutura em aço galvanizado, constituída por 4 módulos com tecto em arco abatido, de 9 m de largura e 32,5 m de comprimento cada um, com uma área total de 1170 m².



Estufa de madeira – Estrutura em madeira tratada e não tratada, em bateria, tipo multi-capela, com 8 módulos de 20 m de comprimento e 7,5 m de largura cada um, perfazendo uma área total de 1200 m².

As estufas eram cobertas com filme de polietileno térmico de 200 µm, com as janelas laterais providas de rede de malha anti-insectos. O piso das estufas foi coberto com tela de polipropileno de cor branca, para evitar as infestantes, a sujidade do solo e melhorar a luminosidade.

Controlo ambiental:

Na estufa de madeira o controlo da temperatura e humidade, efectuou-se mediante arejamento natural, através das janelas laterais. A caiação da cobertura, no início do período quente do ano, contribuiu também para controlar a temperatura através da redução da radiação no interior da estufa.

A estufa metálica era provida de janelas zenitais automatizadas, aquecimento por circulação de água quente em tubos plásticos ao longo das linhas de cultura, desumidificador, cortina térmica e instalação para injeção de CO₂ (700 a 800 ppm). O controlo ambiental foi efectuado através do programa informático S-MONITOR[®].



Figura 1 - Botijas de CO₂ e caldeiras de aquecimento da água

Sistema de rega e de fertilização:



Figura 2 - Programador de rega

O sistema de fertirrega instalado era constituído essencialmente por um programador de rega (DGT Volmatic AMI 1000) com 5 bombas injectoras, as quais podiam injectar 4 soluções concentradas distintas e uma solução ácida de forma a obter uma solução nutritiva equilibrada, controlada em função de valores de pH e CE pré-estabelecidos.

A fertirrega, em sistema fechado, foi efectuada através de gotejadores auto-compensantes e anti-drenantes.

Após cada rega a solução drenada era recolhida e bombeada automaticamente para um reservatório, que recebia também água-doce até se atingir um volume máximo pré-estabelecido. Quando ocorria uma rega esta mistura era bombeada, filtrada e desinfectada, e eram-lhe injectados os fertilizantes e o ácido nítrico de forma a obter a solução de rega final com a CE e o pH adequados ao desenvolvimento da cultura.



Figura 3 - Depósitos das soluções -mãe

Substratos:

Cultivou-se em substrato de lã de rocha (Grodan®).



Cultivares:

Testaram-se duas cultivares de tomate de crescimento indeterminado 'V1' (Hazera, Israel) e 'Dundee' (Ruiters Seeds, Holanda). A 'V1' é uma cv. de semi longa-vida e tem especial interesse pelo facto de ser muito tolerante ao vírus TYLCV, transmitido pela *Bemisia tabaci*. A 'Dundee' é também uma cv. de semi longa-vida e interessa pela qualidade dos frutos e pela alta produção que pode alcançar.

Plantação:

A plantação teve lugar a 25/01/2006, com uma densidade de 2,22 plantas por m².

Objectivos do ensaio:

A) Comparar a produção em estufa de duas cultivares de tomate, 'V1' e 'Dundee', instaladas numa estufa metálica com aquecimento, com injeção de CO₂ (C/CO₂) e sem injeção de CO₂ (S/CO₂) e numa estufa de madeira tradicional algarvia sem aquecimento (S/Aqu).

B) Avaliação dos proveitos obtidos, nas diferentes situações, relacionando a produção semanal com os preços de venda.

Delineamento experimental e modalidades em estudo:

O ensaio foi instalado em blocos casualizados, com 2 cultivares ('V1' e 'Dundee') e 3 níveis de controlo ambiental (estufa não aquecida, estufa com aquecimento e estufa com aquecimento e CO₂), com quatro repetições.

Nº da modalidade	Tomate cv.	Condições ambientais		Tipo de estufa	Designação da modalidade
1	'V1'	Aquecimento	CO ₂	metálica	'V1' C/CO ₂
2	'V1'	Aquecimento	-		'V1' S/CO ₂
4	'Dundee'	Aquecimento	CO ₂	madeira	'Dundee' C/CO ₂
5	'Dundee'	Aquecimento	-		'Dundee' S/CO ₂
3	'V1'	-	-	madeira	'V1' S/Aqu
6	'Dundee'	-	-		'Dundee' S/Aqu

Operações culturais:

Poda: Operação realizada semanalmente, eliminando-se manualmente os rebentos axilares, no estado jovem (2 a 5 cm), conduzindo a planta com uma haste.

Tutoragem: Efectuou-se enrolando cada planta ao fio preso ao seu colo, de tal forma que cada duas plantas de um mesmo cubo ficaram sujeitas aos arames formando um V.

Desfolha: A fim de facilitar o arejamento, a iluminação e a polinização foi necessário eliminar periodicamente algumas folhas, tendo o cuidado de não efectuar podas demasiado severas que pudessem desequilibrar fisiologicamente a planta.

Polinização: Com vibrador uma vez por semana e com colmeia de besouros.

Tratamentos Fitossanitários: Semanalmente ou a cada 10 dias, de acordo com as condições climáticas e o estado sanitário da cultura, foram efectuados tratamentos contra as principais doenças e pragas, susceptíveis de afectar a cultura. Para o controlo fitossanitário das culturas deu-se preferência aos produtos homologados para Protecção Integrada.



Figura 4- Colmeia de besouros

Tabela 1 – Tratamentos efectuados, doenças e pragas observadas no decorrer da cultura

Doenças			Pragas		
Data	Estufa de Madeira	Estufa Metálica	Data	Estufa de Madeira	Estufa Metálica
03-Mar	Mildio preventivo	Mildio preventivo	07-Abr	Lagarta	Lagarta
17-Mar	Botrytis preventivo	Botrytis preventivo	13-Abr	Lagarta	
07-Abr	Botrytis	Botrytis	13-Abr	Mosca Branca	
13-Abr	Botrytis		21-Abr	Lagarta	
			24-Abr	Mosca Branca	Mosca Branca
			24-Abr	Ácaros	
			28-Abr	Lagarta	
			13-Mai	Mosca Branca	Mosca Branca
			18-Mai	Mosca Branca	Mosca Branca
05-Mai	Botrytis	Botrytis	01-Jun	Mosca Branca	
			16-Jun		Ácaros

Condução da rega: A rega foi conduzida em função da drenagem, isto é, tendo em atenção a manutenção de uma percentagem de drenagem entre 20 a 40%. Regou-se ao início do dia a hora fixa e as restantes regas foram efectuadas em função da acumulação de radiação solar ao longo do dia.

Colheitas: Foram efectuadas duas a três vezes por semana. Os frutos, por exigência do mercado, eram colhidos ainda com cor verde, um estado de maturação inferior ao normalmente requerido.



Figura 5- Sondas climáticas

3. Fertirrega

Introdução

As operações de rega e de fertilização da cultura realizaram-se por fertirrega, de forma idênticas nas modalidades em estudo.

Apresentam-se alguns dados, recolhidos ao longo do ciclo cultural, que permitem compreender como oscilaram algumas das variáveis associadas à fertirrega que, no seu conjunto, influíram no desenvolvimento da cultura condicionando os resultados finais de produtividade e qualidade dos frutos.

Os dados apresentados constituem um conjunto de informação com interesse para técnicos e agricultores, tendo em vista a

programação da fertirrega e a condução das culturas sem solo.



Figura 6- Programador de rega

Análise dos resultados

Nos ensaios realizados, como referido anteriormente, a fertirrega foi efectuada em circuito fechado, isto é com reciclagem da drenagem, possibilitando o aproveitamento de nutrientes e água, de outra forma desperdiçados. Nos momentos em que a reciclagem não era possível, a drenagem foi reutilizada na rega de outras culturas, neste caso, na fertirrega de um pomar de citrinos. Normalmente, a solução drenada, após cada rega, era recolhida e bombeada automaticamente para um depósito de armazenamento, o qual recebia também água-doce até um nível máximo pré-determinado, de modo a existir sempre solução neste depósito. Esta mistura (solução drenada recuperada e água-doce) constituía a base para a rega seguinte.

Para evitar regar com soluções nutritivas com uma CE demasiado elevada, estabeleceu-se que a CE máxima permitida no depósito de armazenamento teria o valor de aproximadamente $0,5 \text{ dSm}^{-1}$ abaixo do valor da CE pretendido na rega. Quando este limite era ultrapassado, a drenagem não era recuperada para o

depósito de armazenamento, seguindo de forma automática para uma charca. Este “desvio” da drenagem para a charca mantinha-se até que a CE da solução do depósito de armazenamento baixasse até ao valor pré-determinado.

Os valores que serviram de referência para preparação das soluções nutritivas apresentam-se na Tabela 2.

Tabela 2- Valores de referência para preparação das soluções nutritivas durante a cultura

Data	N	NO ₃	NH ₄	H ₂ PO ₄	K	Ca	SO ₄	Mg	Cl	Na	HCO ₃	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo	CE	pH
	mmol/L																		
	μmol/L																		
15-01-2006	14,9	13,9	1,0	1,8	7,5	5,6	4,2	2,4	0,1	2,0	0,5	37,6	20,8	19,4	1,9	2,8	0,9	2,4	5,5
07-04-2006	14,4	13,8	0,6	1,6	8,4	5,8	5,0	2,5	0,1	2,0	0,5	33,4	18,4	17,3	1,7	2,4	0,8	2,5	5,5
05-05-2006	12,7	12,3	0,4	1,6	7,2	5,4	4,0	2,4	3,1	2,2	0,5	32,6	18,0	16,8	1,6	2,4	0,9	2,5	5,5
Média	14,0	13,3	0,7	1,7	7,7	5,6	4,4	2,4	1,1	2,0	0,5	34,5	19,1	17,8	1,7	2,5	0,9	2,5	5,5

Utilização da solução nutritiva

Para a análise do destino da solução nutritiva apresenta-se na Tabela 3 e na Figura 7 um resumo dos valores médios do volume de solução, segundo os diferentes destinos, obtidos nas duas estufas.

Tabela 3 - Solução nutritiva aplicada à cultura e drenagem

Mês	Dias	Solução nutritiva									
		aplicada às plantas (L.m ⁻² .dia ⁻¹)	drenada						consumida pelas plantas		
			Total			não recuperada		recuperada		(L.m ⁻² .dia ⁻¹)	% do aplicado
			(L.m ⁻² .dia ⁻¹)	% do aplicado	(L.m ⁻² .dia ⁻¹)	% do aplicado	(L.m ⁻² .dia ⁻¹)	% do aplicado			
Janeiro	26 - 31	1,02	0,89	87	0,07	7	0,82	80	0,13	13	
Fevereiro	1 - 28	0,97	0,58	60	0,07	7	0,51	52	0,39	40	
Março	1 - 31	2,07	1,23	59	0,12	6	1,12	54	0,84	41	
Abril	1 - 30	3,44	1,94	56	0,30	9	1,64	48	1,50	44	
Mai	1 - 31	5,31	3,14	59	0,55	10	2,59	49	2,18	41	
Junho	1 - 30	4,99	3,16	63	0,36	7	2,80	56	1,83	37	
Julho	1 - 15	4,61	2,95	64	0,30	7	2,64	57	1,67	36	
Total	01/01 - 15/07	3,42	2,07	61	0,28	8	1,80	53	1,35	39	

O balanço da solução fornecida à cultura mostra que, no período de 26 de Janeiro a 15 de Julho de 2006, se aplicou por dia, em média, 3,42 L por m² de solução nutritiva, da qual:

- 1,35 L (39%) foi consumida pela cultura,
- 1,80 L (53%) foi reciclada,
- 0,28 L (8%) foi reutilizada na rega de um pomar de citrinos.

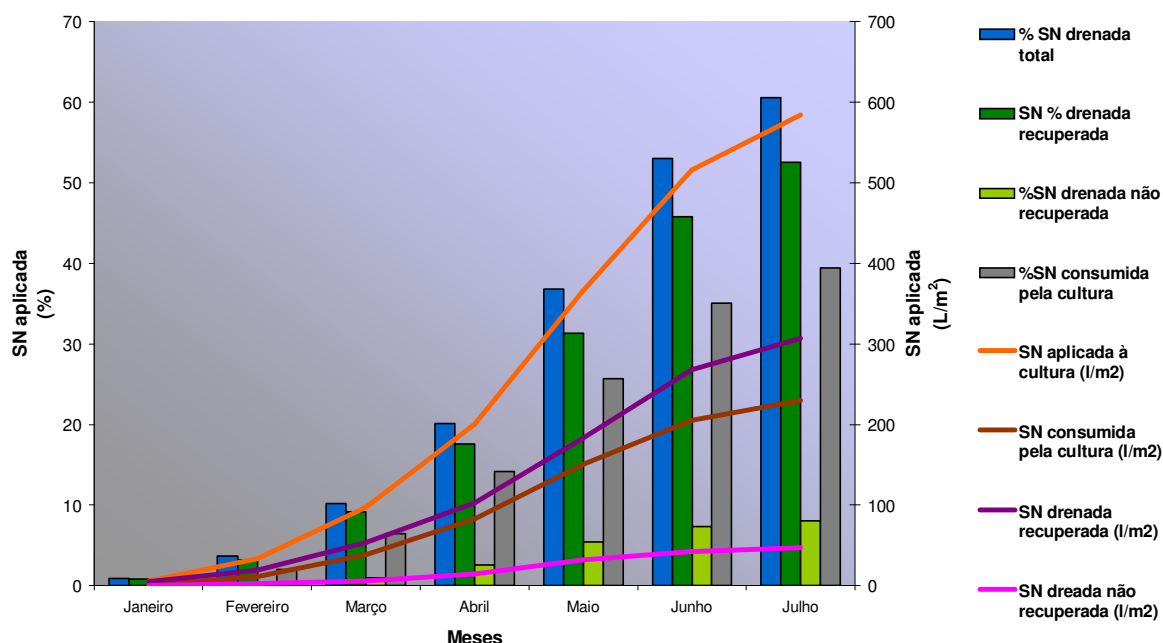


Figura 7 – Solução nutritiva aplicada (SN) e os seus diferentes destinos (valores acumulados)

Valores de pH e CE

Os valores médios de pH e de CE durante o ciclo cultural, registados na solução aplicada às culturas e na solução drenada (média das duas estufas), mantiveram-se dentro dos limites previamente estabelecidos (Tabela 4). Nas soluções drenadas ambos os parâmetros apresentaram valores superiores aos valores registados na solução nutritiva fornecida na rega.

No depósito de armazenamento, os valores de CE foram inferiores e os de pH superiores aos respectivos valores nas soluções de rega e na drenagem.

Tabela 4 - Valores de pH e CE registados na solução nutritiva aplicada à cultura na rega, na solução drenada e na mistura no depósito de armazenagem

Data	Solução nutritiva						
	aplicada à cultura		drenada		depósito de armazenagem		
	CE	pH	CE	pH	CE	pH	
Jan	26-31	2,2	6,8	1,8	7,5	1,3	7,4
Fev	1-28	2,2	6,5	2,1	7,3	1,4	7,5
Mar	1-31	2,5	6,0	3,1	6,5	1,5	7,2
Abr	1-30	2,4	6,5	3,7	7,5	1,5	7,5
Mai	1-31	2,3	6,6	3,6	7,4	1,6	7,4
Jun	1-30	2,4	6,2	3,4	6,8	1,6	7,1
Jul	1-15	2,1	6,6	2,9	7,2	1,5	7,4
Média	Jan-Julh	2,3	6,4	3,1	7,1	1,5	7,3

Controlo das soluções nutritivas

As soluções foram controladas através de determinações efectuadas no local, por reflectometria (RQflex2, Merck).

Por limitações logísticas apenas foi possível a análise de: Ca, Cl, NO₃, H₂PO₄, NH₄, Mg, e K, cujos resultados, expressos em valores médios no ciclo cultural, se resumem na Figura 8.

Como se pode observar, excepto para o Cl e NH₄, os valores mais elevados foram registados na drenagem e os mais baixos no depósito de armazenamento da drenagem.

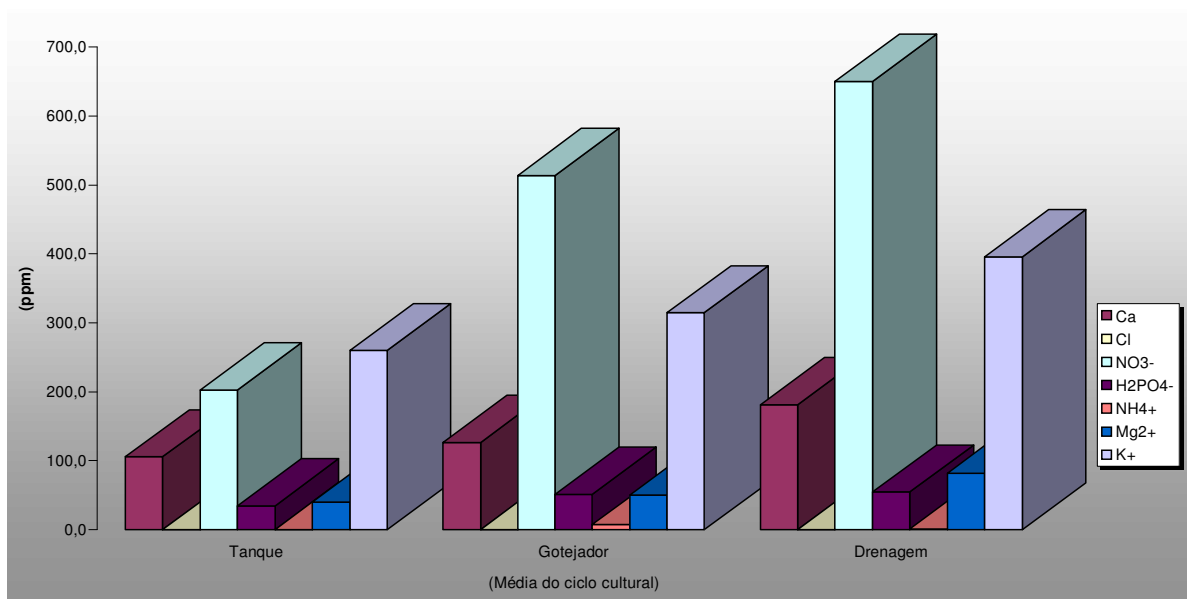


Figura 8 – Composição química das soluções (os reagentes utilizados não permitiam leituras abaixo de 0,5 ppm para o Cl⁻ e de 250 ppm para o K⁺)

4. Desenvolvimento das plantas

Introdução

Para avaliar o efeito do condicionamento ambiental no desenvolvimento das plantas, analisou-se um conjunto de parâmetros, nomeadamente: altura das plantas, diâmetro da base do caule (colo), nº de folhas, nº de flores por planta e nº de cachos floridos.

Estes dados permitiram um melhor conhecimento do efeito do condicionamento ambiental sobre o desenvolvimento da cultura, permitindo retirar algumas conclusões, que adiante se referem.

Análise dos resultados

O registo dos parâmetros vegetativos, iniciou-se cerca de 3 a 4 semanas após a plantação e terminou em início de Junho, aquando da despona das plantas.

Altura das plantas

De acordo com os dados recolhidos, podemos observar que a situação com aquecimento e injeção de CO₂ (C/CO₂), correspondeu à situação onde as plantas atingiram a maior altura, superando os 3,5 m em ambas as cultivares (Figura 9).

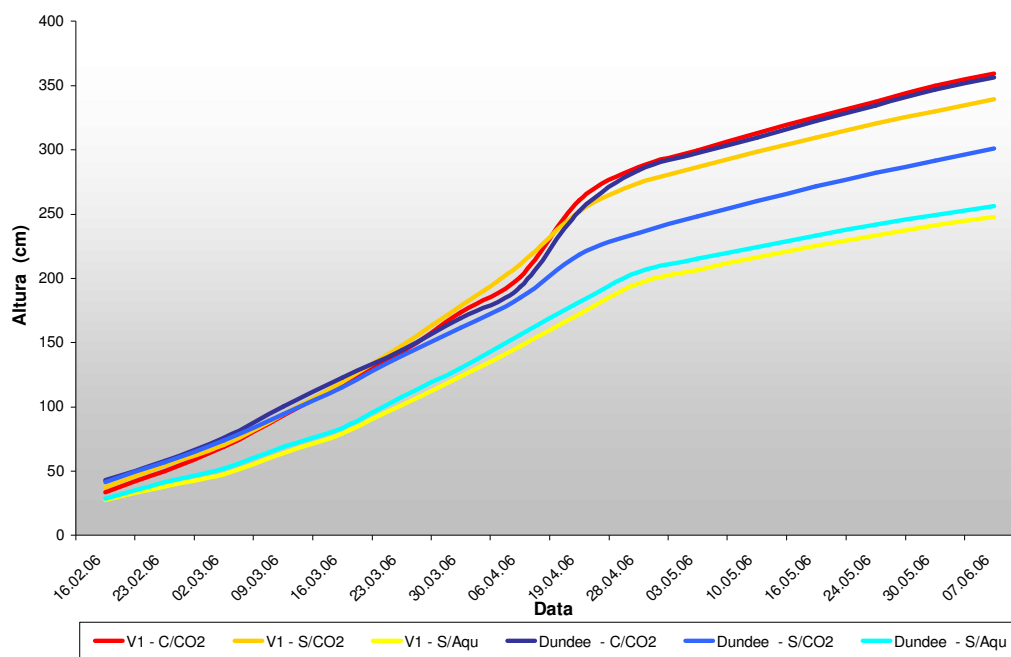


Figura 9 – Altura das plantas em diferentes condições de controlo ambiental

Na estufa de madeira sem aquecimento (S/Aqu), com condições idênticas à da maioria das estufas tradicionais da região, a altura das plantas foi inferior, atingindo as plantas cerca 1 m menos do que na estufa metálica, aquecida. Nas plantas na estufa metálica, no sector sem injeção de CO₂ (S/CO₂), registou-se uma situação intermédia, mas claramente melhor que a observada na estufa de madeira.

Diâmetro da base do caule

O condicionamento ambiental não se reflectiu de forma evidente no aumento do diâmetro do colo das plantas, apresentando as plantas da modalidade 'V1' S/Aqu o maior diâmetro colo. Comparando as cultivares, observou-se, que as plantas da cv. 'V1' apresentaram maior diâmetro de colo do que as plantas da cv. 'Dundee'.

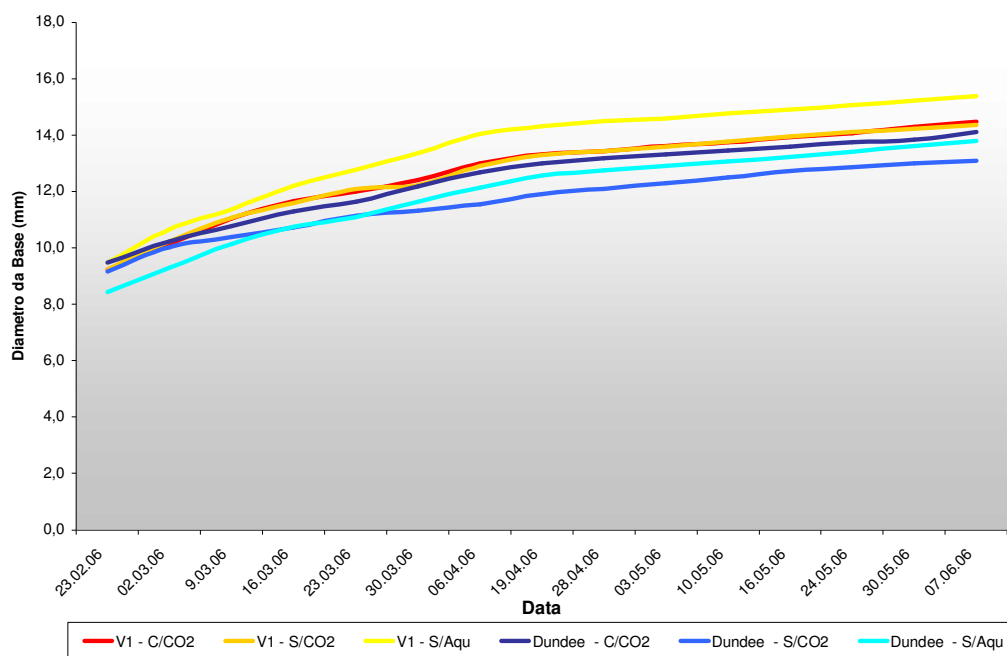


Figura 10 – Diâmetro da base do caule das plantas

Número de folhas

Ao longo do ciclo cultural, pode-se observar em ambas as cv. o efeito conjugado do aquecimento e da injeção de CO₂ (C/CO₂), traduzido no maior nº de folhas por planta, respectivamente, 58 folhas/planta na cv. 'V1' e 53 na cv. 'Dundee' (Figura 11). Na estufa de madeira sem aquecimento (S/Aqu), o nº de folhas/planta foi inferior, registando-se 44 folhas/planta na cv. 'V1' e 45 folhas/planta na cv. 'Dundee'. As plantas cultivadas na estufa metálica, no sector com aquecimento mas sem injeção de CO₂ (S/CO₂), registaram valores intermédios.

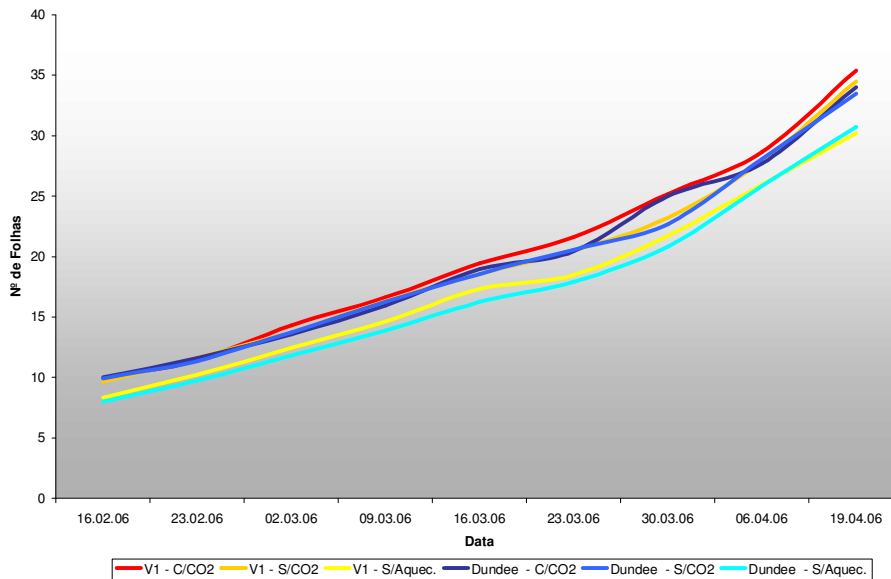


Figura 11 – Valor acumulado do número de folhas por planta

Número de cachos floridos:

Tal como na altura e no nº de folhas/planta, o efeito do CO₂ e do aquecimento (C/CO₂), também se manifestou no número de cachos floridos. Em ambas as cv., os cachos floriram ligeiramente mais cedo com CO₂ e aquecimento (Figura 12). A floração foi mais tardia na estufa de madeira sem aquecimento (S/Aqu). As plantas na estufa metálica, no sector com aquecimento mas sem injeção de CO₂ (S/CO₂), registaram também uma situação intermédia.

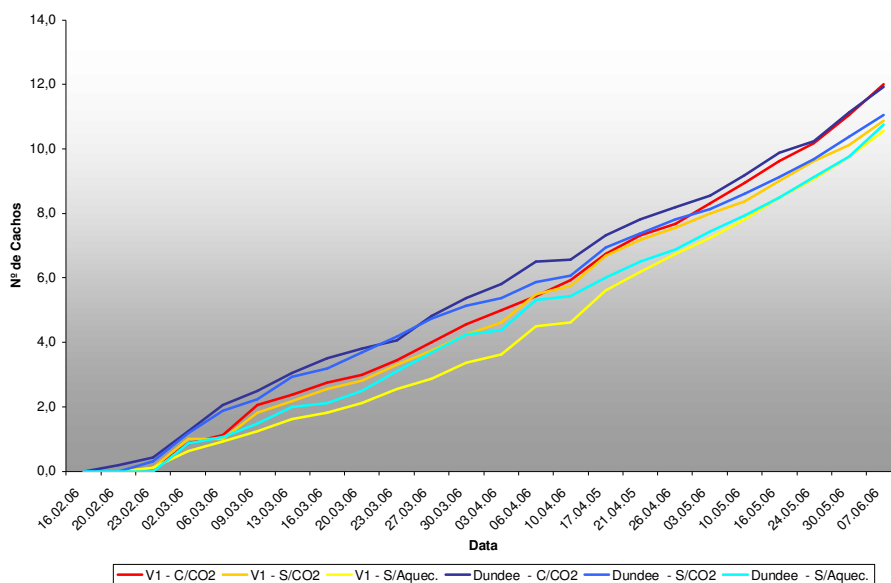


Figura 12 – Valor acumulado do número de cachos floridos por planta

Nº de flores por planta

Em ambas as cultivares, o efeito conjugado do aquecimento e da injeção de CO₂ proporcionou um maior número de flores por planta (Figura 13 e Figura 14).

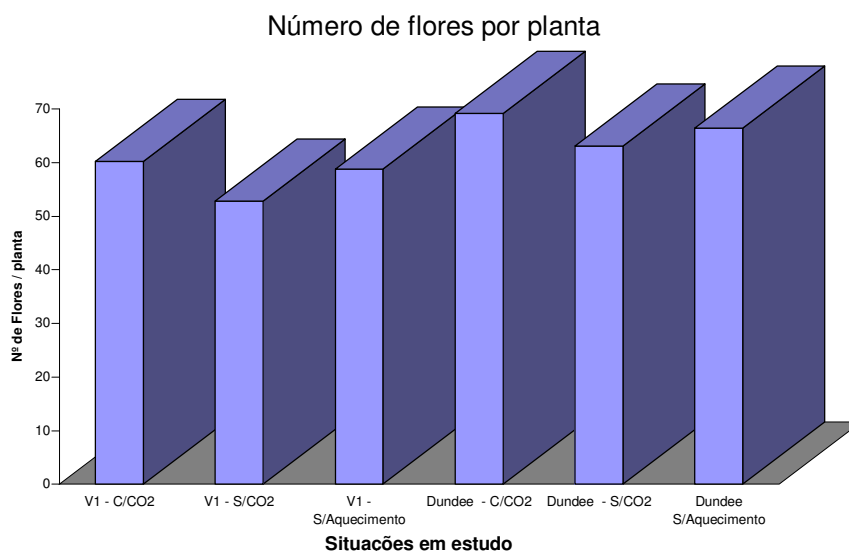
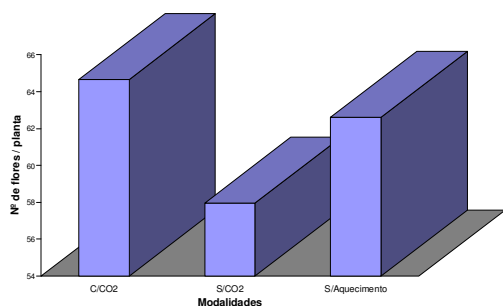


Figura 13 – Número médio de flores por planta

No entanto, ao comparar as plantas da estufa metálica, com aquecimento mas sem injeção de CO₂, (S/CO₂) com as da estufa de madeira sem aquecimento (S/Aqu), vemos que estas últimas apresentam maior nº de flores. Todavia, esta situação, como veremos nos resultados da produção, não se reflectiu no número de frutos comercializáveis.

Analisando o nº de flores por planta por cv. observou-se que 'Dundee', com 66 flores/planta, superou 'V1', com 57 flores/planta.

Número de flores por planta nas situações C/CO₂; S/CO₂; S/Aqu.



Número de flores por planta nas cultivares 'V1' e 'Dundee'

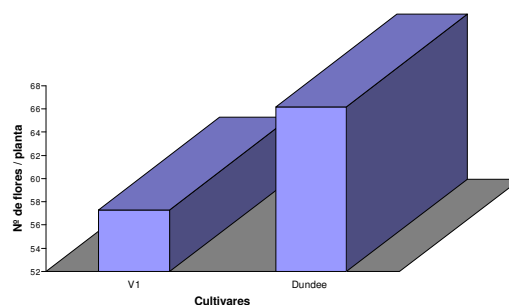


Figura 14 – Número médio de flores por planta segundo os diferentes níveis de controlo ambiental (esquerda) e a cultivar (direita)

Em resumo, nesta época de Inverno - Primavera, observou-se uma tendência para o maior desenvolvimento das plantas na estufa metálica (com aquecimento e injeção de CO_2), expresso através das variáveis: altura da planta, nº de folhas por planta, nº de cachos floridos e nº de flores por planta.

Observou-se igualmente um efeito positivo do aquecimento, mesmo sem injeção de CO_2 , no desenvolvimento das plantas, excepto no nº de flores por planta.

O parâmetro relativo ao diâmetro do caule, na base da planta, não apresentou diferenças conclusivas.



5. Produtividade

Introdução

Para avaliar a produtividade das duas cultivares em estudo, 'V1' e 'Dundee', na estufa metálica com controlo ambiental melhorado (aquecimento e injeção de CO₂), na estufa metálica com aquecimento mas sem injeção de CO₂ e na estufa de madeira (sem aquecimento), contabilizou-se a produção obtida, de acordo com as normas de qualidade para o tomate.

Determinou-se a produtividade do tomate (kg/ m²), o nº de frutos/ m² e o peso médio dos frutos nas diferentes classes, e também o calibre dos frutos.

Análise de resultados

Ao longo do ciclo cultural, efectuaram-se entre uma a três colheitas semanais, com início a 13 de Abril e término a 13 de Julho de 2006, num total de 23 colheitas.

Os resultados relativos à produtividade e à qualidade do tomate apresentam-se na Tabela 5, na Figura 15 e na Figura 16.

Tabela 5 - Produtividade e nº de frutos por classe de qualidade, de cada modalidade

Cultivar / Modalidade	Incomercializável		Comercializável						Total Comercializável		TOTAL	
			Classe II		Classe I		Extra		Nº Frutos/m ²	Peso (Kg/m ²)	Nº Frutos/m ²	Peso (Kg/m ²)
	Nº Frutos/m ²	Peso (Kg/m ²)	Nº Frutos/m ²	Peso (Kg/m ²)	Nº Frutos/m ²	Peso (Kg/m ²)						
V1 - C/CO2	10	1	30	5	31	6	22	5	84	16	94	17
V1 - S/CO2	9	1	27	4	31	6	21	5	80	15	89	16
V1 - S/Aque.	31	3	24	3	15	3	8	2	47	8	78	10
Dundee - C/CO2	22	3	33	6	28	5	13	3	74	14	96	17
Dundee - S/CO2	19	2	25	4	28	5	15	3	69	11	88	13
Dundee - S/Aque.	26	3	34	5	12	2	4	1	50	8	76	11

Os melhores resultados, foram observados na estufa metálica, cv. 'V1' com aquecimento e injeção de CO₂ ('V1'-C/CO₂). A análise dos resultados por cultivar mostra que a cv. 'V1', além de mais produtiva, apresentou maior produção nas classes I e Extra (Figura 15).

Por nível de controlo ambiental observaram-se os melhores resultados C/CO₂, com uma produção total média de 16,6 kg/m² (Figura 16).

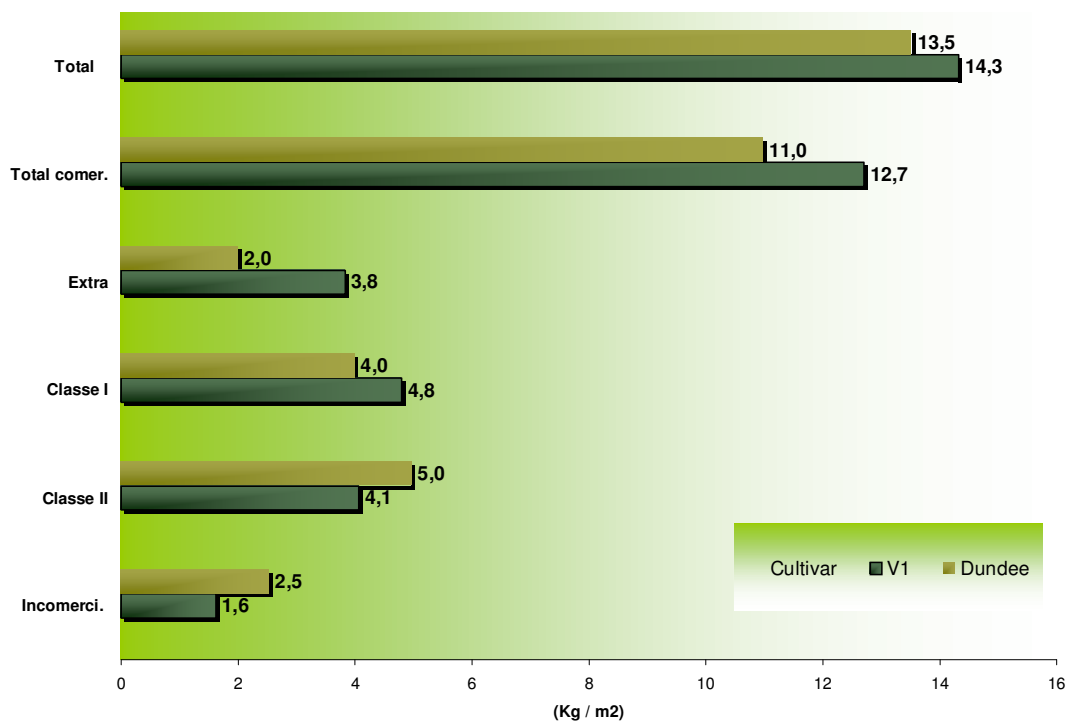


Figura 15 - Produção de tomate por cultivar e classe de qualidade

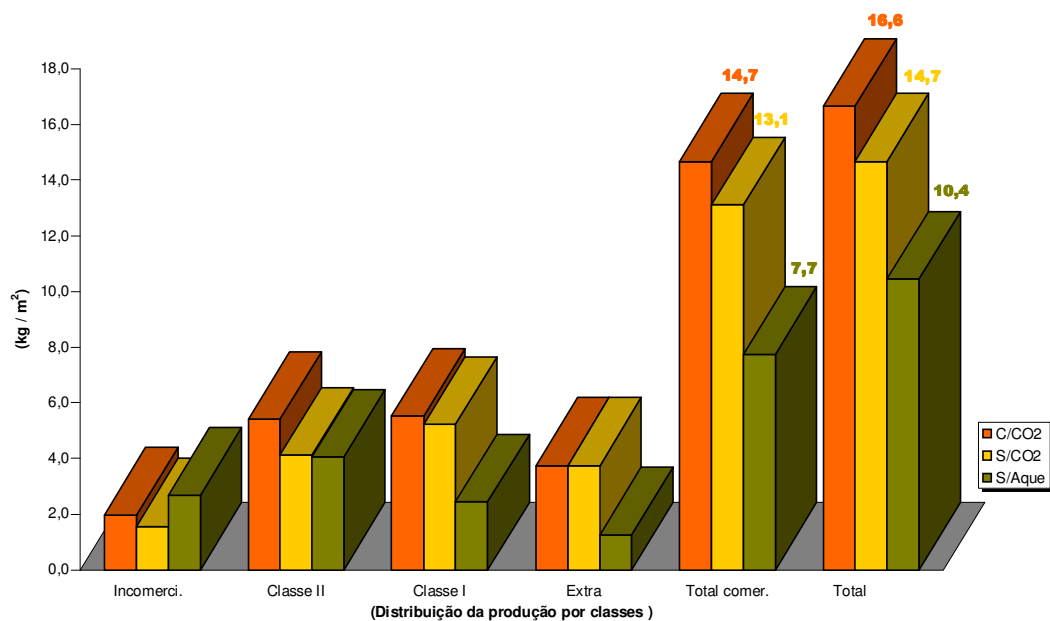


Figura 16 - Produtividade do tomate por classe de qualidade em cada nível de controlo ambiental

Nº de frutos: Os resultados relativos ao nº de frutos/m² apresentam-se na Tabela 5 e nas Figura 17 e Figura 18.

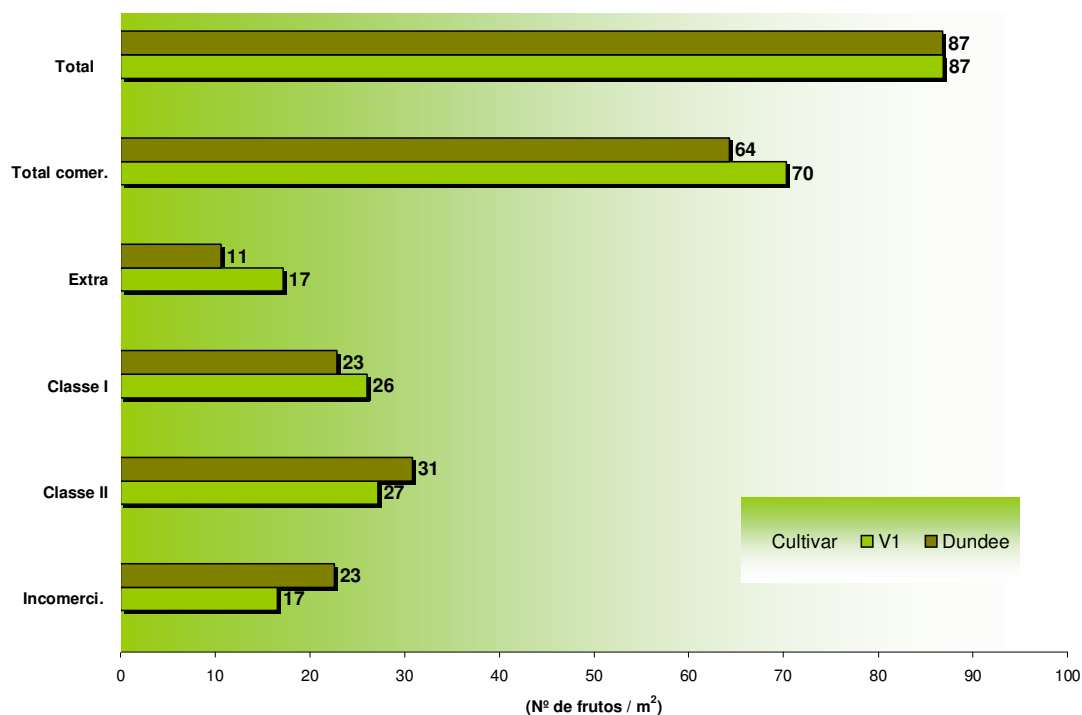


Figura 17 – Número de frutos por cultivar e classe de qualidade

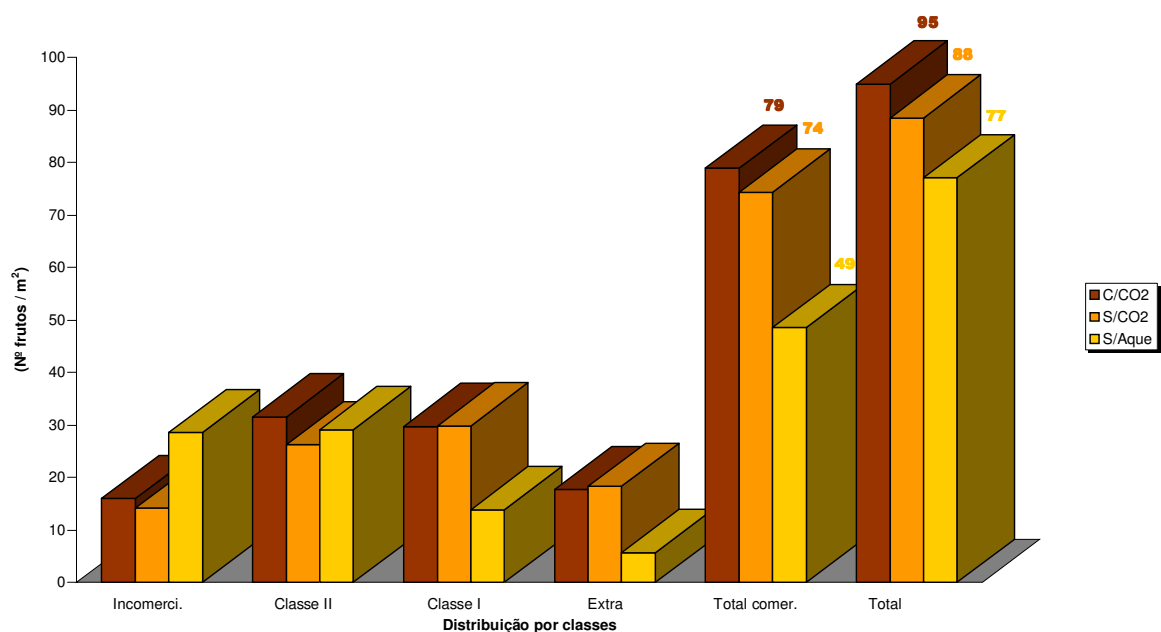


Figura 18 - Nº de frutos por classe de qualidade em cada nível de controlo ambiental

O maior nº de frutos comercializáveis registou-se na estufa metálica, na cv. 'V1' com aquecimento e injeção de CO₂ ('V1'-C/CO₂). Ambas as cv. produziram 87 frutos/m², mas a cv. 'V1' produziu mais frutos nas classes I e Extra (Figura 17).

Por nível de controlo ambiental, observaram-se os melhores resultados na situação

C/CO₂ com um total de 95 frutos/m² (Figura 18), sendo ligeiramente superior o nº de frutos de classe I e Extra observados na parcela que não recebeu CO₂.

Peso dos frutos: Os resultados relativos ao peso dos frutos apresentam-se na Figura 19 e na Figura 20.

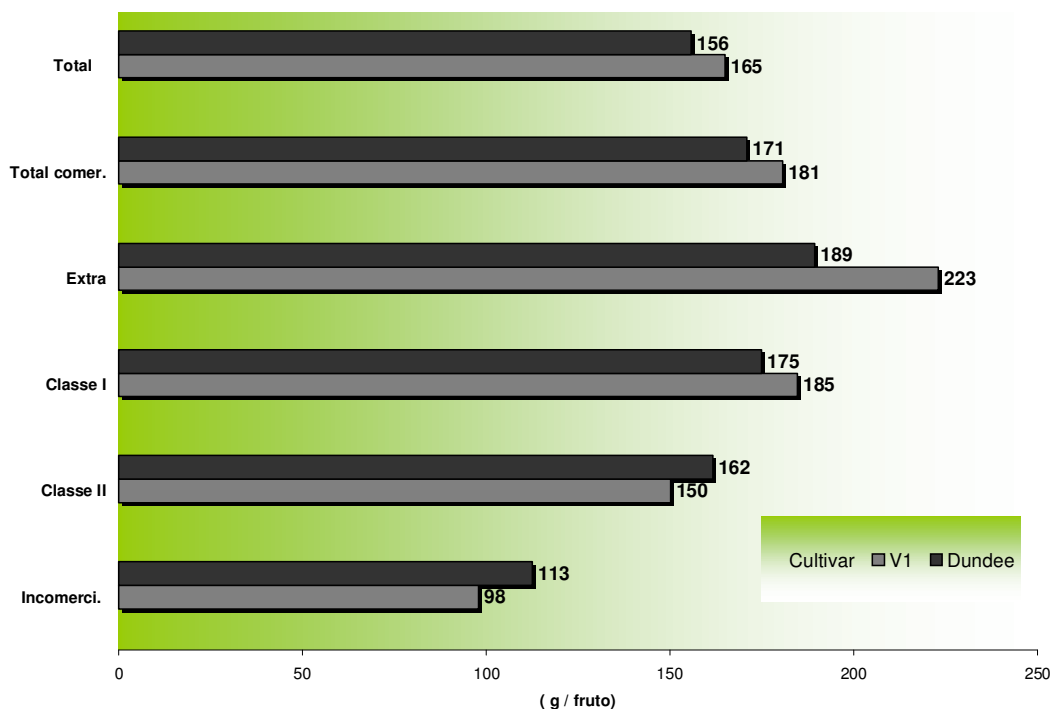


Figura 19- Peso dos frutos por cultivar

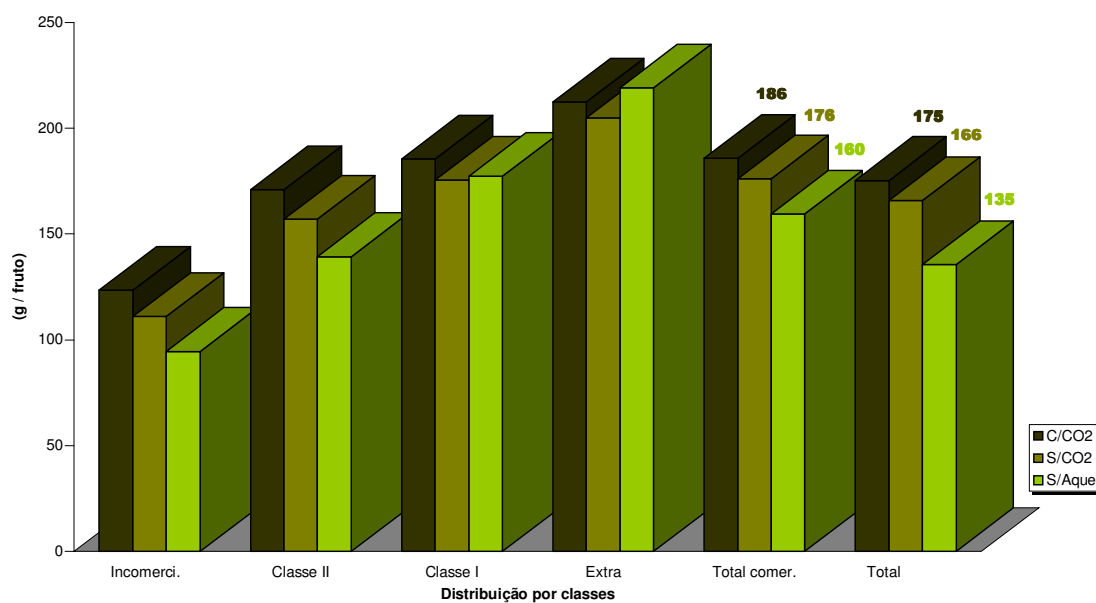


Figura 20 – Peso médio dos frutos por nível de controlo ambiental e classe de qualidade

Os frutos mais pesados foram obtidos nas classes Extra e I da cv. 'V1'. Na produção total e comercializável observou-se também que as plantas da estufa metálica, com aquecimento e injeção de CO₂ produziram frutos com um peso médio de 186 g, obtendo-se os menos pesados na estufa de madeira sem aquecimento.

Calibre dos frutos: Os resultados relativos ao calibre dos frutos apresentam-se nas Figura 21 e Figura 22.

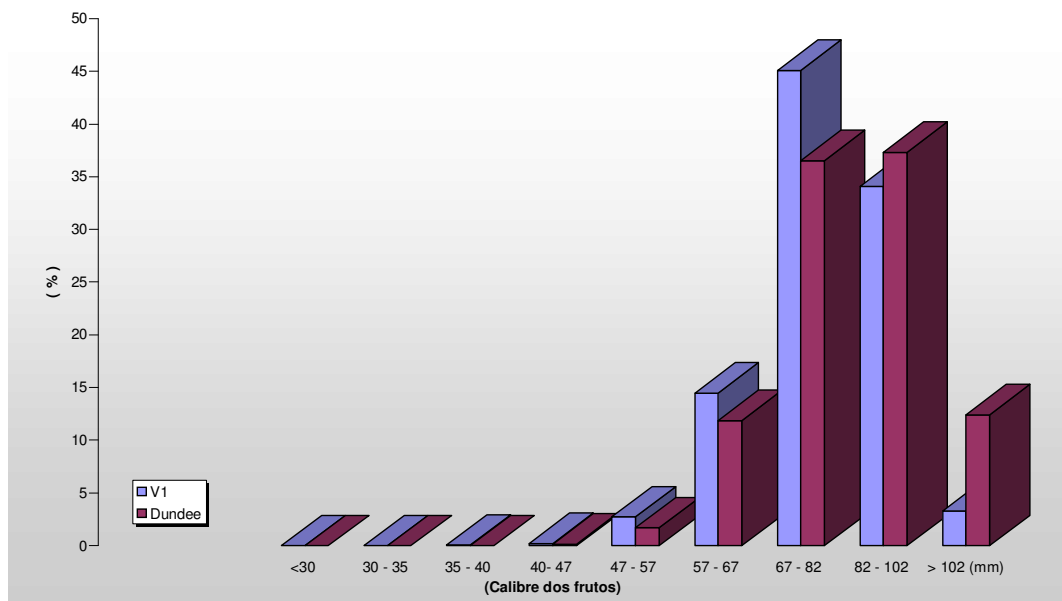


Figura 21 - Distribuição da produção por calibres em % do peso, por cultivar

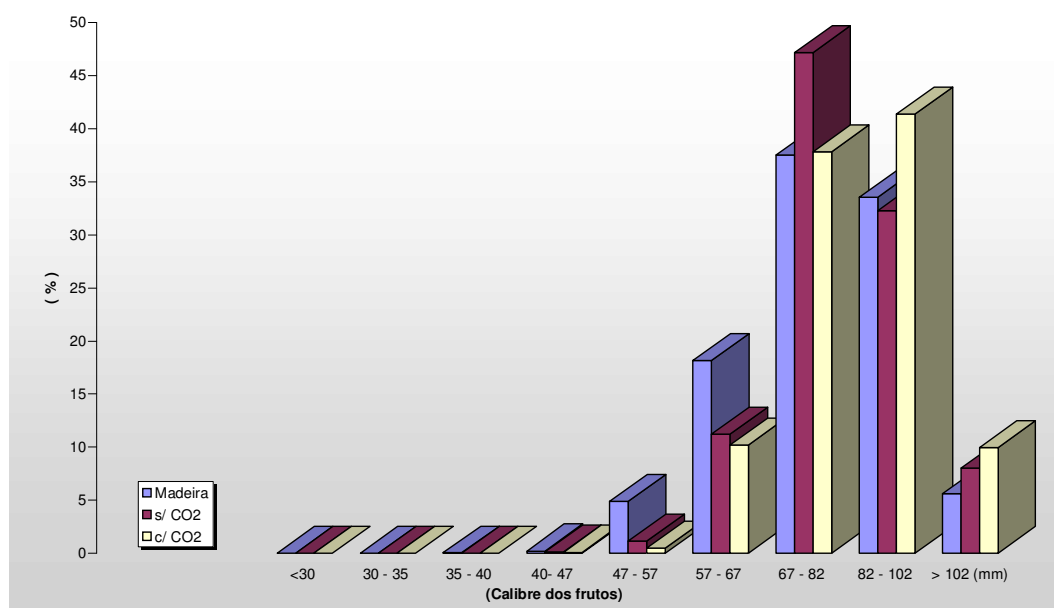


Figura 22 - Distribuição da produção por calibres em % do peso, por nível de controlo ambiental

Durante o período de colheita, efectuou-se a calibragem dos frutos em quatro momentos. Os dados relativos ao calibre são importantes dado que, a nível da comercialização, em mercados como o mercado nacional, é atribuída grande importância ao calibre dos frutos, sendo mais valorizados os calibres '67-82' e '82-102'. Calibres inferiores ou superiores são, em geral, menos valorizados.

Verificou-se que ambas as cultivares apresentaram a maior % de produção naqueles dois calibres



(Figura 21). A cv. 'Dundee' apresentou ligeira vantagem ao nível do calibre '82-102'. As diferentes condições ambientais também afectaram a produção, sendo a modalidade 'C/CO₂' a que apresentou mais produção no calibre '82-102'.

Em síntese, a cv. 'V1', cultivada na estufa metálica com aquecimento e injeção de CO₂, apresentou os melhores resultados de produção comercializável.

Das duas cultivares em estudo a cv. 'V1' apresentou frutos com maior peso médio e uma produção final mais elevada, em peso e em nº de frutos por m².

As plantas cultivadas na estufa metálica (na média das duas cultivares) com aquecimento e injeção de CO₂, apresentaram frutos com maior peso, uma maior produtividade e um maior nº de frutos por m².

Quanto ao calibre dos frutos, nas modalidades estudadas, a maior parte da produção situou-se nos calibres mais valorizados comercialmente: '67-82' e '82-102'.

Os piores resultados foram obtidos nas culturas da estufa de madeira sem aquecimento.



6. Controlo ambiental na estufa metálica com o programa S-MONITOR[®]

Introdução

Na estufa metálica as condições ambientais foram controladas através do programa informático S-MONITOR[®]. Este programa, tendo por base os registos efectuados pelos diversos sensores instalados no interior e no exterior da estufa em conjugação com a programação estabelecida, regulou as condições climáticas na estufa, actuando sobre os diferentes equipamentos de controlo ambiental instalados.

Para manter as condições ambientais desejadas no interior da estufa, o programa controlou a temperatura e a humidade do ar, actuando sobre o funcionamento de: caldeiras, tanque de armazenamento, válvulas de regulação da circulação de água, desumidificador, cortina térmica e janelas zenitais, e controlou também a concentração de CO₂ na atmosfera da estufa, actuando sobre as caldeiras e a válvula da conduta de distribuição.

Como foi referido anteriormente, para possibilitar a avaliação da influência do CO₂ no desenvolvimento da cultura, a estufa estava dividida ao meio, injectando-se CO₂ apenas numa das partes. Por isso, o programa S-MONITOR[®], que controlou de forma idêntica as variáveis climáticas referidas em toda a estufa, quanto ao enriquecimento em CO₂, apenas actuou no seu registo e controlo na parte da estufa com injeção de CO₂ (modalidades C/CO₂).

Os dados sob a forma de gráficos, que de seguida se apresentam, permitem analisar em detalhe o funcionamento do sistema de controlo ambiental, e avaliar a sua eficácia na regulação das condições climáticas na estufa, em resposta aos limites que lhe foram impostos em vários parâmetros.

Na impossibilidade de tratar de forma exaustiva o enorme volume de dados registados pelo sistema, tomaram-se em consideração algumas situações climáticas de maior relevo, ocorridas ao longo do ciclo cultural, em períodos bem caracterizados, sem influência de factores externos ao normal desenvolvimento do ensaio.

Análise dos resultados

Análise global das variáveis controladas durante o ensaio

Os dados da Figura 23 referem-se ao período de 30 de Janeiro a 23 de Maio de 2006, durante o qual se injectou CO₂ na estufa.

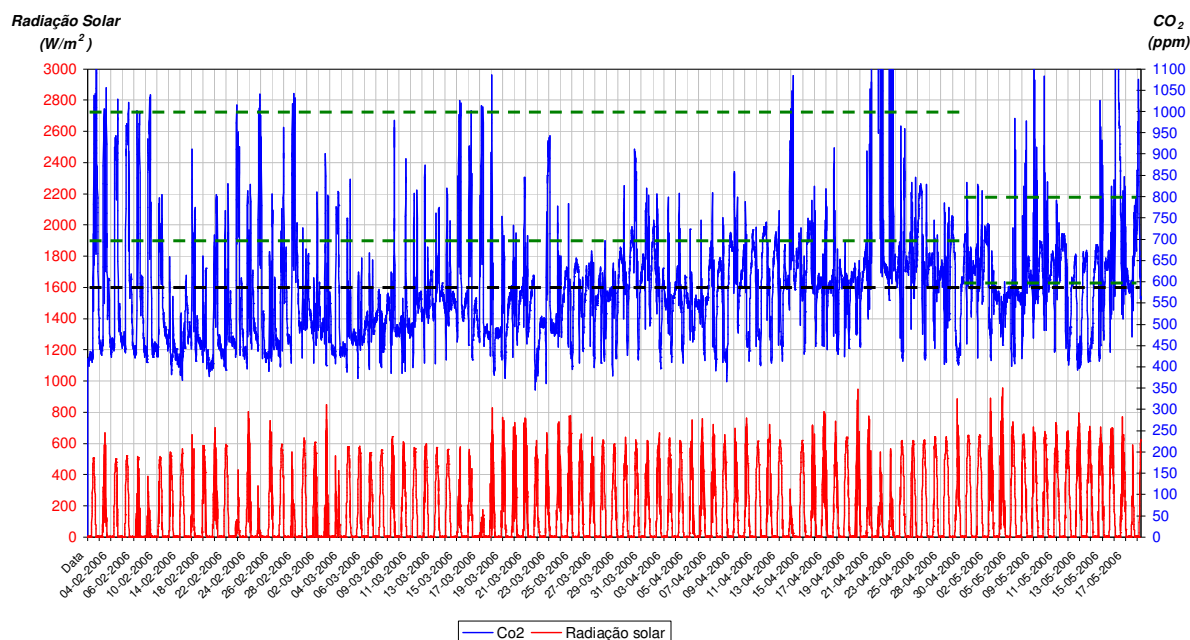


Figura 23 - Variação da radiação solar global exterior (linha a vermelho) e da concentração de CO₂ na atmosfera da estufa (linha a azul). A linha tracejada a preto indica o valor médio da concentração de CO₂ e as linhas a verde os limites impostos ao teor de CO₂

Na primeira fase da cultura, o enriquecimento da atmosfera da estufa foi efectuado com o CO₂ resultante da combustão do gás nas caldeiras, tendo-se imposto como limite mínimo 700 ppm e máximo 1000 ppm. Mais tarde, a partir da altura em que deixou de ser necessário aquecer (final de Abril), passou-se a usar CO₂ líquido, e impuseram-se como limites da concentração de CO₂ na estufa 600 e 800 ppm.

Analisando os valores registados, pode-se observar o seguinte:

- Na primeira fase não se atingiu o nível mínimo desejado para esse período mas conseguiu-se, na maioria dos dias, manter o CO₂ acima de 600 ppm, demonstrando a eficácia do enriquecimento em CO₂ através do aproveitamento dos gases de combustão das caldeiras. O facto de na primeira fase da cultura não se ter alcançado o nível de CO₂ desejado foi devido a problemas técnico-logísticos, como a necessidade de abrir as janelas para baixar a temperatura, a realização de trabalhos de manutenção e/ou reparação dos equipamentos (*hardware / software*), ou a realização de operações culturais na estufa. Mais

tarde, ao aplicar CO₂ líquido, conseguiu-se geralmente manter o seu teor dentro do intervalo desejado.

- Na zona da estufa com injeção de CO₂ o teor médio obtido foi de 593 ppm, aproximadamente 200 ppm acima do valor medido no ar exterior.
- Os picos de concentração de CO₂ superior a 1000 ppm foram muito curtos, de poucos minutos, tempo necessário para a sua detecção e correcção pelo sistema, através do fecho do registo na condução de CO₂.

Analisaram-se os valores médios das variáveis registadas durante toda a cultura e o funcionamento dos equipamentos de controlo (Figura 24).

Legenda dos gráficos:

Parâmetro	Unidades	Descrição
Radiação solar	(W/m ²)	radiação solar global exterior
T interior	(°C)	temperatura interior a 1,5 m
T exterior	(°C)	temperatura exterior a 2,5 m
HR interior	(%)	humidade relativa interior a 1,5 m
HR exterior	(%)	humidade relativa exterior a 2,5 m
CO ₂	(ppm)	dióxido de carbono registado a 1,5 m de altura, no interior da estufa
T tecto	(°C)	temperatura no interior da estufa, junto ao tecto
W interior	(g/kg)	humidade específica interior a 1,5 m
W exterior	(g/kg)	humidade específica exterior a 2,5 m
Janelas	(%)	abertura das janelas zenitais (abertas-100% / fechadas-0%)
Caldeiras 1 e 2	(0/1)	estado de funcionamento das caldeiras (ligada: 1/ desligada: 0)
Válvula	(%)	% de abertura da válvula da circulação de água quente na estufa (aberta-100% / fechada-0%)
Injecção CO ₂	(%)	abertura do registo de controlo de injeção de CO ₂ na estufa (aberto-100% / fechado-0%)

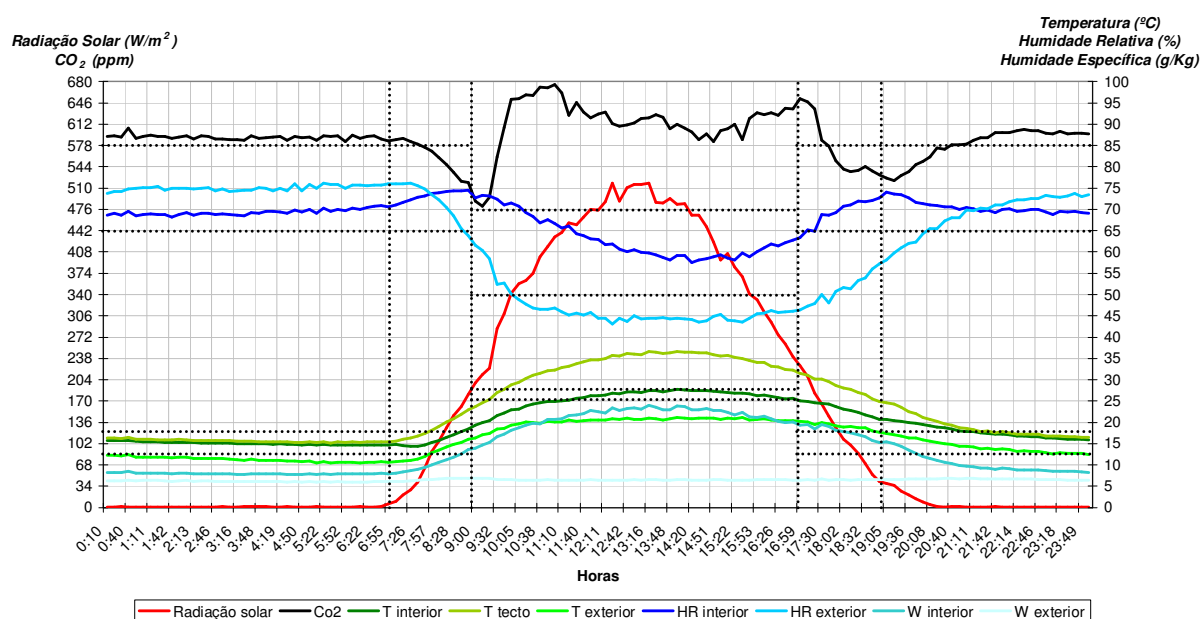


Figura 24 – Valores médios das variáveis climáticas registadas durante a cultura

Na programação do S-MONITOR[®] foram estabelecidos dois períodos distintos,

denominados por “diurno” e “nocturno”, de acordo com as diferentes condições ambientais requeridas pelas plantas naqueles períodos. No controlo da temperatura e humidade relativa do ar, impuseram-se os seguintes limites:

- Período nocturno (17h05-09h00): $13^{\circ}\text{C} < T_{\text{interior}} < 18^{\circ}\text{C}$; $65\% < \text{HR}_{\text{interior}} < 85\%$.
Quando necessário, a estufa foi aquecida por circulação de água quente, vinda do tanque, onde tinha sido aquecida durante o dia pela caldeira nº2, durante o seu funcionamento para produção de CO_2 . Entre as 19h00 e as 07h00 manteve-se a cortina térmica desenrolada e o desumidificador ligado.
- Período diurno (09h00-17h05): $22^{\circ}\text{C} < T_{\text{interior}} < 28^{\circ}\text{C}$; $50\% < \text{HR}_{\text{interior}} < 70\%$.
A temperatura e a humidade do ar foram reguladas apenas por controlo da abertura das janelas. A partir do 2º mês, subiu-se o limite mínimo da temperatura de 22°C para 26°C , conseguindo-se manter as janelas fechadas durante mais tempo, evitando a perda do CO_2 injectado para o exterior.
- Período de transição: estabeleceu-se ainda um período de transição, do período nocturno para o período diurno, das 07h00 às 09h00, durante o qual o controlo de abertura das janelas foi em função da diferença de temperatura interior - exterior, para evitar a formação de condensação sobre as plantas.

A caldeira nº 2 funcionou durante o dia para fornecer CO_2 , aproveitando-se o calor libertado para o aquecimento da água armazenada no tanque. A caldeira nº 1 funcionou apenas no início do ensaio, dado o seu reduzido contributo para a produção total de CO_2 pelas duas caldeiras. Contudo, quando necessário, utilizou-se a caldeira nº 1 no período nocturno para aquecimento da estufa.

Em termos médios globais, observou-se o seguinte:

- A concentração de CO_2 na estufa, manteve-se cerca de 200 ppm acima do teor no exterior, excepto em dois períodos de “quebra”, o mais acentuado às 07h30, recuperando às 10h00, e outro entre as 17h00 e as 20h00 (Figura 24). Estas flutuações ocorreram na transição dos períodos de controlo (nocturno → diurno e vice-versa). Poder-se-ia ter atenuado estas descidas na concentração de CO_2 , antecipando a injeção das 09h00 para as 07h30, e retardando-a das 17h00 para as 19h30. No entanto, para se efectuar esta alteração teria de se ter em consideração o acréscimo do custo do gás para funcionamento da caldeira *versus* o provável incremento de produtividade obtido.

- A humidade relativa do ar no interior da estufa manteve-se sob controlo, registando-se apenas um curto período matinal com valores cerca de 5% acima do limite máximo programado, mas não ultrapassando 75%.
- A temperatura do ar no interior da estufa manteve-se dentro dos limites impostos, excepto durante um pequeno período matinal, em que se situou em média 2,5 °C, abaixo do limite mínimo diurno programado.

Análise detalhada de dias típicos durante a cultura: acções de controlo executadas e correspondentes condições climáticas obtidas na estufa

Inverno

Funcionamento do sistema de controlo e evolução das condições climáticas na estufa em dois dias distintos: com céu nublado e com períodos de céu limpo.

Com céu nublado:

- As janelas não abriram e por isso atingiram-se valores elevados de CO₂ (Figura 25). Salientam-se dois momentos em que se atingiu o limite máximo programado, 1000 ppm, o que causou a interrupção da injeção de CO₂ e o seu rápido decréscimo até ao limite mínimo de 700 ppm, fazendo retomar automaticamente a injeção de CO₂ na estufa.

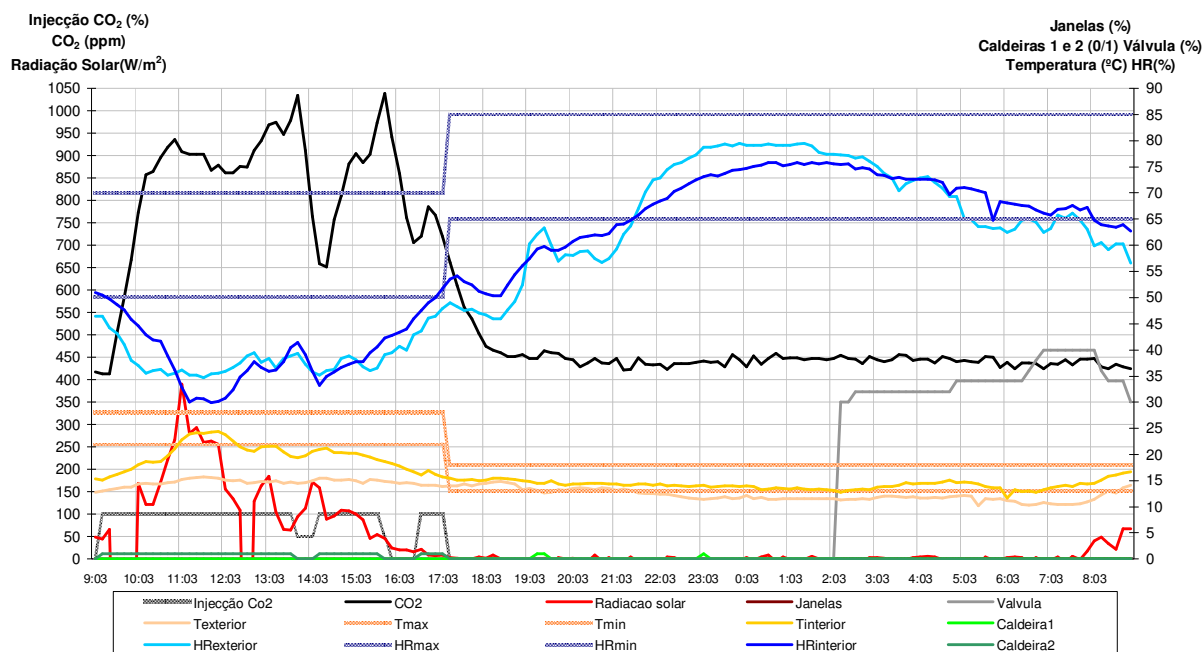


Figura 25 – Funcionamento dos equipamentos de controlo ambiental e variação das condições climáticas, num dia típico de Inverno com céu nublado

Com períodos de céu limpo:

- Ocorreu com frequência a abertura das janelas para manter a temperatura abaixo do limite máximo programado (Figura 26). Por isso, não se atingiu o nível desejado de concentração de CO₂ na estufa, apesar da sua contínua injeção durante o período diurno, como se pode verificar pela abertura total (100%) do “registro” na conduta de injeção (Injecção CO₂).

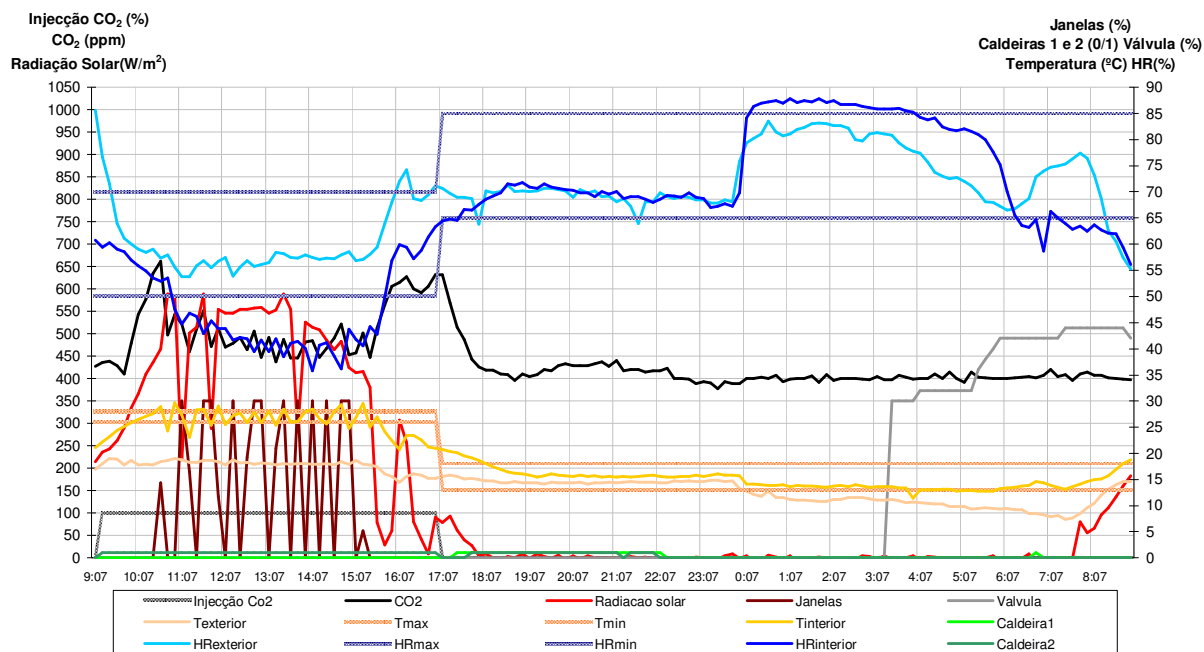


Figura 26 – Funcionamento dos equipamentos de controlo ambiental e variação das condições climáticas, num dia típico de Inverno com períodos de céu limpo

- A humidade relativa excedeu ligeiramente durante a noite o seu limite máximo, apesar do funcionamento constante do desumidificador durante esse período.

Em ambos os dias (períodos céu de limpo e céu nublado) durante o período nocturno:

- A concentração de CO₂ manteve-se entre 400 e 450 ppm.
- O sistema de aquecimento funcionou, como se pode verificar pela abertura da válvula de circulação da água, às 02h00 no dia com céu nublado e às 03h00 no dia com períodos de céu limpo. O fecho desta válvula, e a consequente interrupção do aquecimento às 09:00h, foi predeterminado por programação.
- A temperatura não desceu abaixo do limite mínimo programado.

Primavera

Funcionamento do sistema de controlo e evolução das condições climáticas na estufa em dois dias distintos: com céu limpo e com períodos de céu nublado. Nesta altura, a injeção de CO₂ produzido pela caldeira nº 2 já tinha sido substituída pela injeção de CO₂ a partir do gás liquefeito.

Com céu limpo:

- Às 09:30h a concentração de CO₂ excedeu o seu limite máximo, 800ppm, causando o fecho da conduta (Figura 27), e conseqüente rápido decréscimo da concentração de CO₂ até ao limite mínimo programado, 600ppm, reiniciando-se automaticamente a sua injeção. Para evitar esta situação poder-se-ia aumentar o limite superior, para cerca de 1000 ppm, ou programar o fecho por etapas, da válvula que regula a injeção de CO₂.

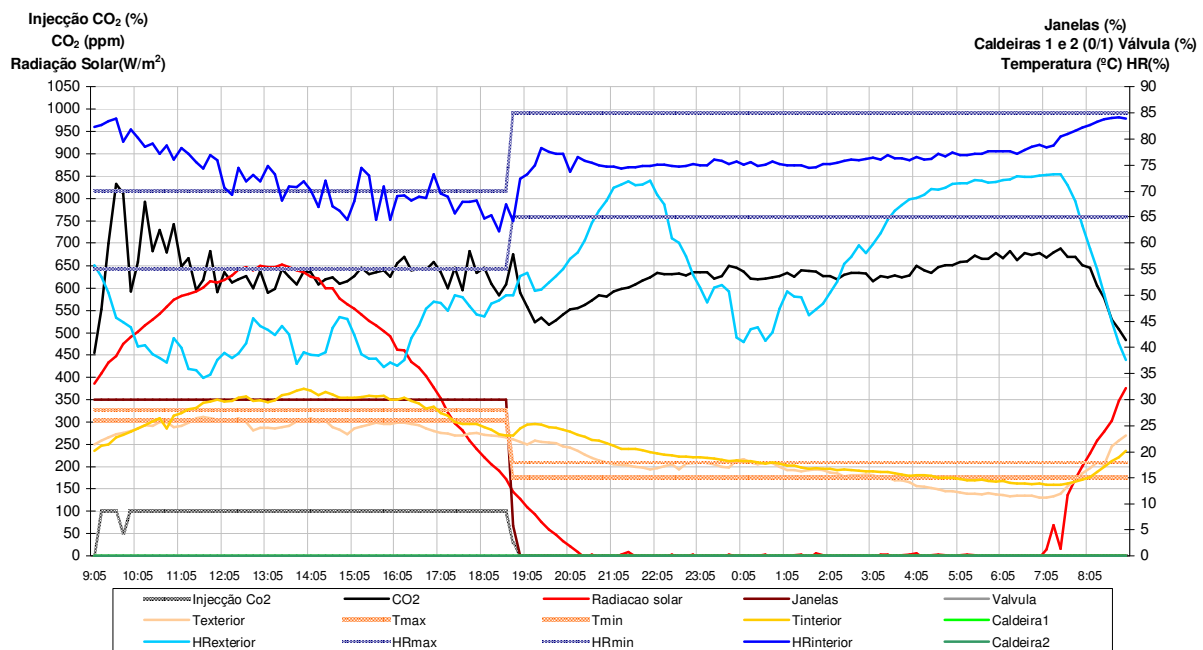


Figura 27 – Funcionamento dos equipamentos de controlo ambiental e variação das condições climáticas, num dia típico de Primavera com céu limpo

Com períodos de céu limpo

- Embora durante a noite humidade relativa se tenha mantido dentro dos limites programados (Figura 28), houve um período matinal, no qual se aproximou dos 85%, sendo talvez necessário prolongar o funcionamento do desumidificador ou, optando por uma solução mais dispendiosa, efectuar o aquecimento durante a noite e/ou a madrugada.

- Quanto à temperatura interior esteve apenas por um curto período nocturno, ligeiramente abaixo do limite mínimo programado, mesmo sem se ter recorrido ao aquecimento da estufa. Durante o dia a abertura das janelas fez com que não se excedesse significativamente o limite máximo fixado.

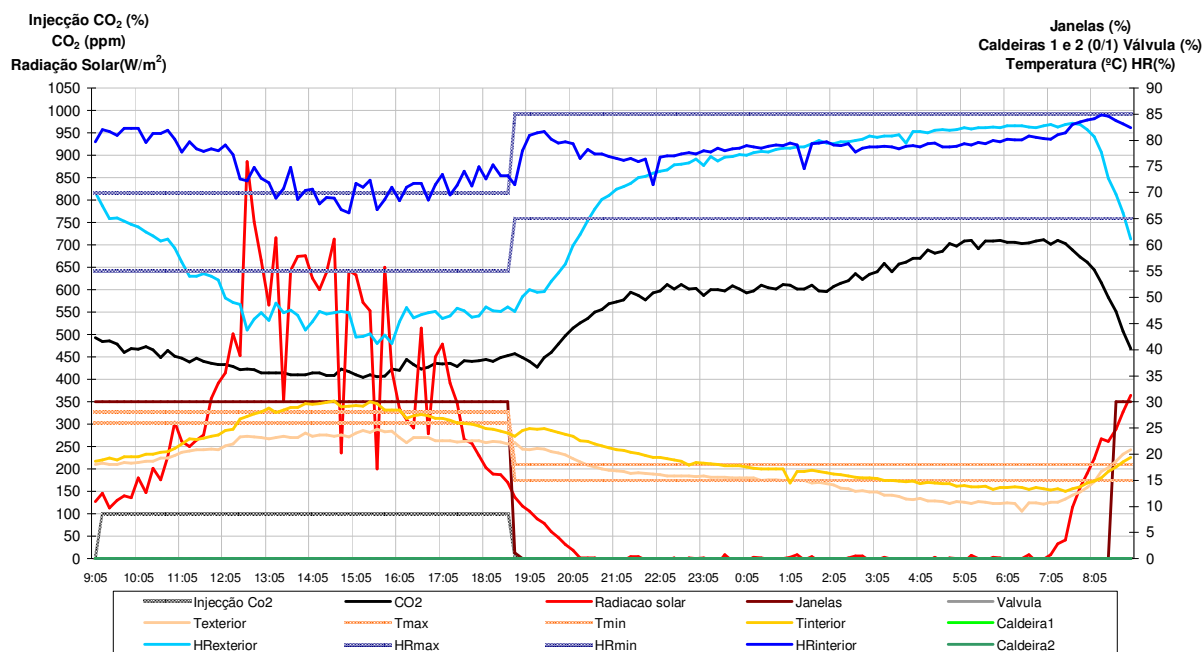


Figura 28 - Funcionamento dos equipamentos de controlo ambiental e variação das condições climáticas, num típico dia de Primavera com períodos de céu limpo

De acordo com as situações estudadas, pode-se concluir que durante o Inverno o sistema utilizado permite controlar eficazmente as variáveis: temperatura, humidade relativa e CO₂, excepto em alguns dias atípicos, com níveis de radiação solar acima da média, e dias em foi necessário intervir para realizar de operações de manutenção que interferiam com o normalidade do controlo programado.

Com a entrada na Primavera e o aumento da temperatura do ar tornou-se muito difícil o controlo do CO₂ no interior da estufa. Embora a injeção de CO₂ tenha sido permanente entre as 09h00 e as 18h45, o teor de CO₂ na estufa foi bastante prejudicado. A necessidade de controlar o aumento da temperatura interior impôs períodos de tempo com as janelas abertas cada vez maiores, perdendo-se assim o CO₂ para a atmosfera.

7. Aquecimento da estufa e enriquecimento da atmosfera em dióxido de carbono (CO₂)

Introdução

Neste estudo, para além do sistema já existente que possibilitava o aproveitamento dos gases de combustão produzidos nas caldeiras de aquecimento da estufa (Fichas informativas, Projecto AGRO nº 197 “Culturas sem solo com reutilização dos efluentes, em estufa com controlo ambiental melhorado”, 2006), instalou-se um sistema com CO₂ líquido, o que possibilitou o enriquecimento da atmosfera da estufa, fora do período normal de aquecimento.

Para avaliar a influência do CO₂ no desenvolvimento da cultura de tomate, dividiu-se ao meio a estufa metálica com controlo ambiental melhorado, no



Figura 29 - Manga perfurada para distribuição do CO₂

sentido longitudinal, de modo a obter dois sectores separados entre si por uma cortina de filme de polietileno transparente. Num dos sectores, de Janeiro a Abril, a atmosfera foi enriquecida com CO₂ proveniente dos gases de combustão e desde



Figura 30 - Medidor do volume de gás

Abril até final de Maio com CO₂ líquido. A atmosfera do outro sector não recebeu injeção de CO₂.

Os meios técnicos disponíveis e a necessidade de arejamento da estufa, impediram a obtenção de sectores rigorosamente estanques. Nestas condições, é possível que algum do CO₂ injectado no sector enriquecido tivesse passado para o outro sector, elevando ligeiramente a sua concentração na atmosfera desse sector. Por outro lado, a necessidade de arejar, para manter adequados níveis de temperatura e humidade, levaram a que uma parte do CO₂ injectado se perdesse, diminuindo a sua concentração na atmosfera da estufa. Compararam-se os valores da concentração de CO₂ na estufa metálica (no sector com injeção de CO₂ e no sector sem injeção de CO₂), na estufa de madeira sem aquecimento e no exterior das estufas.

Análise de resultados

Dióxido de carbono (CO₂):

Para análise desta variável resumem-se na Tabela 6 e na Figura 31 os valores médios registados na estufa metálica (Est. Met C/CO₂. e S/CO₂), na de madeira (Est. Mad) e no ar exterior (Ar livre).

Tabela 6 - Valores médios mensais da concentração em dióxido de carbono (CO₂)

Mês	Média [CO ₂] (ppm)				
	Ar Livre	Est.Mad	Est.Met		
			S/CO ₂	C/CO ₂	Sonda
Jan.26-31	367	339	376	465	
Fev.01-28	346	331	389	635	731
Mar.01-31	385	365	388	551	635
Abr.01-30	388	368	382	478	601
Mai.01-26	405	392	387	493	597
Média	378	359	384	524	641

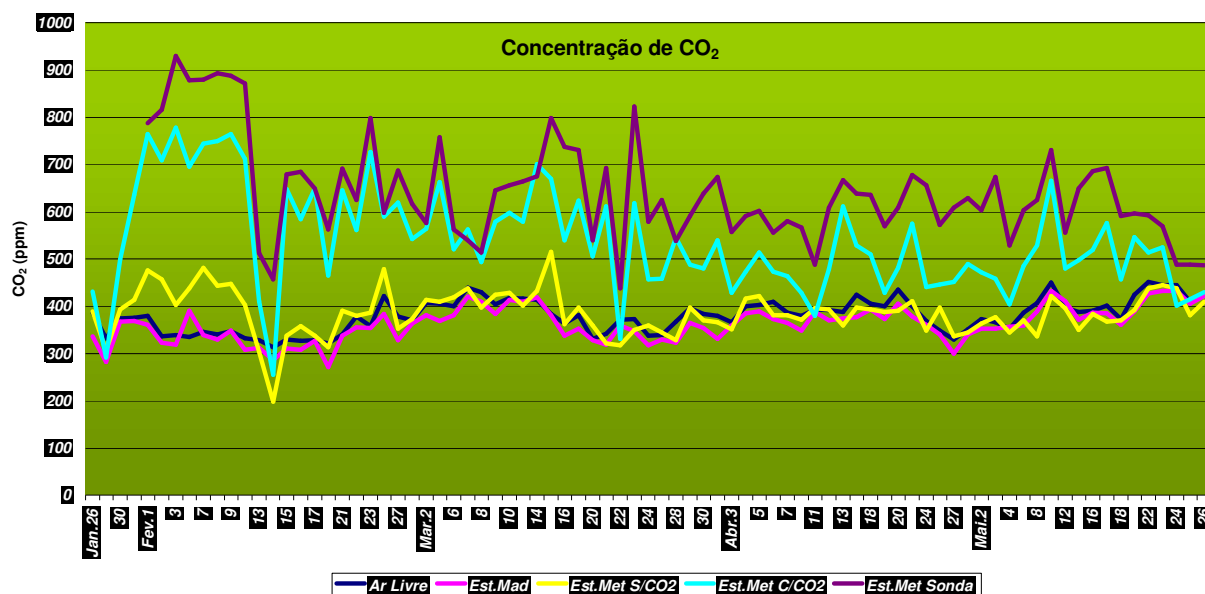


Figura 31 - Valores médios diários da concentração em CO₂ nas estufas e ao ar livre

De início de Janeiro a final de Maio, registaram-se os valores da concentração de CO₂ no sector da estufa metálica que recebia injeção de gás (Est.Met c/ CO₂), no sector da estufa metálica sem injeção de CO₂ (Est.Met s/ CO₂), na estufa de madeira (Est.Mad) e no ar livre (Ar Livre).

No sector da estufa metálica com injeção de CO₂, os valores referenciados como 'Sonda' referem-se aos valores registados pela sonda fixa, no centro do sector, e ligada ao sistema "S-Monitor" para controlar os níveis de injeção de CO₂ na estufa. Os valores de concentração de CO₂ em cada um dos outros sectores foram obtidos com base no valor médio de 20 a 30 leituras cada. Estas leituras, foram efectuadas três vezes ao dia (9-10h; 12-14h; 16-17h) com um equipamento portátil (Testo 535). Como era normal, os níveis de CO₂ foram claramente mais elevados no sector que recebia injeção de CO₂ (Figura 31), mantendo-se essa diferença ao longo de todo o período considerado. Mesmo no sector da estufa metálica sem injeção de CO₂, devido ao deficiente isolamento dos sectores, os valores foram ligeiramente mais elevados que os registados ao ar livre e na estufa de madeira.

Os valores mais elevados, média de 641 ppm, foram registados na "Sonda", fixa, colocada no centro da estufa, numa situação mais favorável relativamente às trocas de ar com o exterior (através das janelas laterais), quando comparada com as leituras manuais efectuadas aleatoriamente. Estes registos manuais, efectuados em diferentes pontos, apresentaram um valor médio de 524 ppm, mas eram todavia mais representativos dos níveis de CO₂ no sector.

Os teores mais baixos de CO₂, média de 359 ppm, registaram-se na estufa de madeira, provavelmente devido ao consumo pelas plantas e a um arejamento menos eficiente.

A necessidade de arejar a estufa para controlar a temperatura e a humidade do ar, tem uma acentuada influência nos níveis de CO₂ registados seu interior. Em Abril e Maio, com o aumento da temperatura do ar, foi-se progressivamente recorrendo a maior e mais frequente abertura das janelas. Nestas condições, os níveis de CO₂ na atmosfera do sector C/CO₂, diminuiriam, sendo as diferenças em relação à estufa de madeira a ar livre menos acentuadas. Refira-se que, no caso da estufa de madeira onde não se injectava CO₂, e dado que os valores registados ao ar livre eram superiores, a abertura das janelas acabou por ser vantajosa.

Temperatura do ar

Os valores da temperatura do ar, registados a 1,5 m de altura no interior das estufas e no ar livre, apresentam-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores médios da temperatura do ar

Mês	Temperatura					
	Ar Livre		Estufa Metálica		Estufa de Madeira	
	máxima	mínima	máxima	mínima	máxima	mínima
	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Janeiro (26-31)	8,7	4,2	23,7	10,6	22,0	11,0
Fevereiro	16,0	4,3	31,6	12,7	32,4	9,3
Março	18,8	7,8	30,5	14,3	32,9	10,0
Abril	21,4	10,3	30,0	15,8	34,0	12,0
Maio	26,1	13,3	32,8	16,5	32,9	13,4
Junho	26,9	15,6	30,6	17,4	32,0	16,1
Julho (01-15)	30,7	16,7	34,8	18,5	36,4	17,5
Média	22,4	10,7	31,2	15,5	32,8	12,6

Na estufa metálica com controlo ambiental, o sistema de aquecimento do ar através de tubagem com água quente, possibilitou o aumento da temperatura média durante a noite de cerca de 3°C acima do valor registado na estufa de madeira e de mais 5°C em relação ao ar livre. Estas diferenças de temperatura foram mais elevadas no período de Inverno/Primavera, tendo contribuído para o melhor desenvolvimento da cultura na estufa aquecida.

Quanto à temperatura máxima diurna, o controlo ambiental impediu o seu aumento acentuado, evitando que no interior da estufa a temperatura fosse superior ao valor máximo recomendado para a cultura, durante a maior parte do tempo.

Na programação do sistema de controlo ambiental registaram-se algumas limitações que condicionaram um controlo mais eficiente, quer da temperatura quer do nível de CO₂ no interior da estufa, nomeadamente:

- No período frio, com principal incidência durante a noite, o custo do gás limitou o aquecimento acima de um valor pré-determinado.
- No período quente, a necessidade de conjugar uma concentração elevada de CO₂ com uma temperatura adequada à cultura, impossibilitou o correcto controlo das janelas (abertura/fecho). Em alguns dias mais quentes, para manter os níveis de CO₂ altos as janelas permaneceram fechadas, daí resultando um aumento da temperatura máxima superior ao recomendado.

Aquecimento da estufa metálica: Como foi referido anteriormente, de final de Janeiro a final de Abril, procedeu-se ao aquecimento dos dois sectores da estufa da metálica (C/CO₂ e S/CO₂) e ao enriquecimento da atmosfera com CO₂ no sector designado “C/CO₂”.

Os consumos de gás propano utilizados nestas operações apresentam-se na Figura 32.

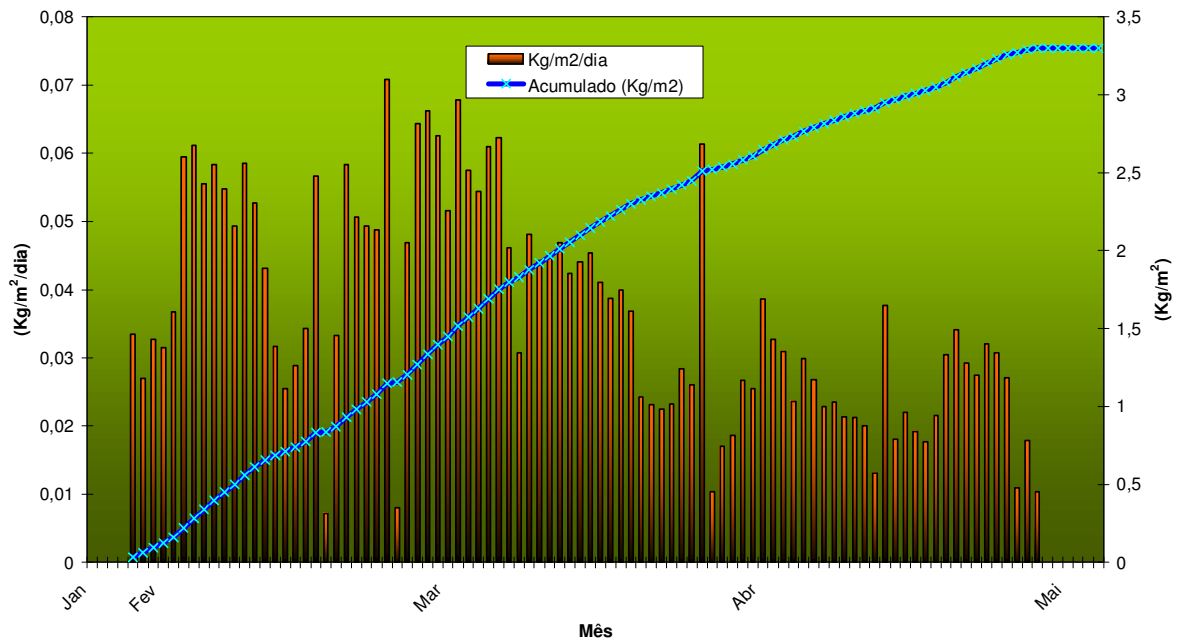


Figura 32 - Consumo de gás propano

O gás propano foi utilizado até final de Abril, não por necessidade imperiosa de aquecimento, mas porque a queima do gás era a fonte do CO₂ aplicado nesse período. Neste ensaio, nos meses mais frios, até meados de Março, ocorreu o período de maior consumo de gás. O consumo de gás registou o valor médio de 37 g por m² e por dia, situando-se o consumo de gás, no final do período, em 3,3 kg por m² de área de estufa aquecida.

8. Breve análise económica da cultura

Introdução

A cultura do tomate realizada nas condições dos ensaios, isto é, com controlo ambiental melhorado e com reciclagem da drenagem, obriga a investimentos económicos muito elevados.

Nestas condições, é imperioso dispor de uma estrutura metálica, mais cara que as usualmente utilizadas na região, provida de equipamentos (aquecimento, cortina térmica, janelas automatizadas, injeção de CO₂, desumidificador e automatismos diversos) que permitam um melhor controlo das condições ambientais e permitam um melhor desenvolvimento das culturas.

Ao custo destes equipamentos há que adicionar o gasto em combustível para aquecimento (4,21 €/m² nas modalidades C/CO₂ e S/CO₂) e em CO₂ líquido para enriquecimento da atmosfera da estufa (2,32 €/m² na modalidade C/CO₂).

Todavia, é espectável que a cultura efectuada nestas condições melhoradas proporcione melhor qualidade e produtividade relativamente à cultura realizada numa estufa tradicional e que, sobretudo se realizada numa época desfavorável, permita obter maior ganho a nível da precocidade, obtendo-se produto comercializável numa época de preços mais elevados.

Análise de resultados

Relacionaram-se os preços de venda ao longo do período de colheita com as produções obtidas em cada colheita, de modo a avaliar a influência das duas cv. ('V1' e 'Dundee') e dos três níveis de controlo ambiental (C/CO₂, S/CO₂ e S/Aqu) no rendimento económico obtido (Tabela 8, Tabela 9 e Figura 33 a Figura 36).

Tabela 8 - Produtividade e rendimento bruto* obtido nas modalidades em estudo

Colheita	Data	€/kg	Produção (Kg/m ²)						Rendimento (€/m ²)					
			V1		Dundee		Dundee		V1		Dundee		Dundee	
			C/CO2	S/CO2	S/Aqu.	C/CO2	S/CO2	S/Aqu.	C/CO2	S/CO2	S/Aqu.	C/CO2	S/CO2	S/Aqu.
1ª	13-4-06	0,90	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2ª	20-4-06	0,90	0,8	0,5	0,0	0,4	0,1	0,0	0,7	0,4	0,0	0,4	0,1	0,0
3ª	24-4-06	0,89	0,7	0,6	0,0	0,7	0,1	0,0	0,6	0,5	0,0	0,6	0,1	0,0
4ª	27-4-06	0,88	0,6	0,6	0,0	0,6	0,6	0,0	0,6	0,5	0,0	0,5	0,5	0,0
5ª	2-5-06	0,71	0,6	0,7	0,4	1,5	1,2	0,2	0,5	0,5	0,3	1,0	0,9	0,1
6ª	5-5-06	0,84	0,8	0,5	0,2	0,8	0,8	0,2	0,7	0,4	0,1	0,7	0,6	0,2
7ª	8-5-06	0,71	0,7	0,7	0,1	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	0,1	0,4	0,3	0,2
8ª	11-5-06	0,62	0,8	0,6	0,2	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2
9ª	15-5-06	0,50	1,1	1,3	0,6	1,1	0,8	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,4	0,2
10ª	18-5-06	0,40	0,8	0,9	0,2	0,8	0,8	0,2	0,3	0,4	0,1	0,3	0,3	0,1
11ª	22-5-06	0,35	0,9	0,8	0,4	1,1	1,0	0,6	0,3	0,3	0,1	0,4	0,3	0,2
12ª	25-5-06	0,29	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
13ª	29-5-06	0,27	0,6	0,5	0,7	0,5	0,6	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
14ª	1-6-06	0,26	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
15ª	5-6-06	0,25	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
16ª	8-6-06	0,21	0,9	0,7	0,8	0,3	0,2	0,9	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,2
17ª	12-6-06	0,25	1,1	0,9	0,8	0,5	0,4	0,8	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
18ª	19-6-06	0,26	0,8	1,2	0,5	1,1	0,9	0,8	0,2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,2
19ª	22-6-06	0,24	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
20ª	26-6-06	0,17	0,3	0,7	0,1	0,6	0,7	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
21ª	29-6-06	0,22	0,3	0,5	0,3	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
22ª	6-7-06	0,20	1,1	1,2	0,7	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
23ª	13-7-06	0,22	0,7	0,6	0,4	0,6	0,4	1,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Total		0,42	15,5	15,0	7,6	13,8	11,2	7,9	7,0	6,4	2,5	6,5	5,0	2,5

* Considerou-se “rendimento bruto” o produto do preço/ kg pela produção de tomate obtida em cada colheita

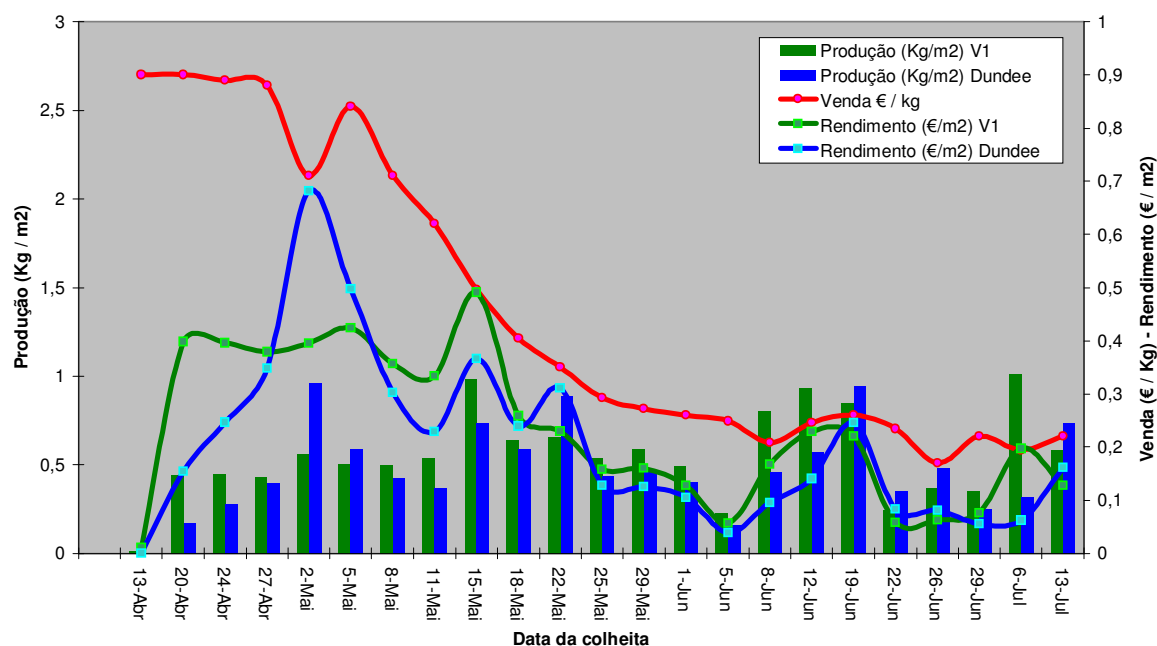


Figura 33 - Produção e rendimento por colheita das cultivares de tomate 'V1' e 'Dundee' ao longo da época de colheita

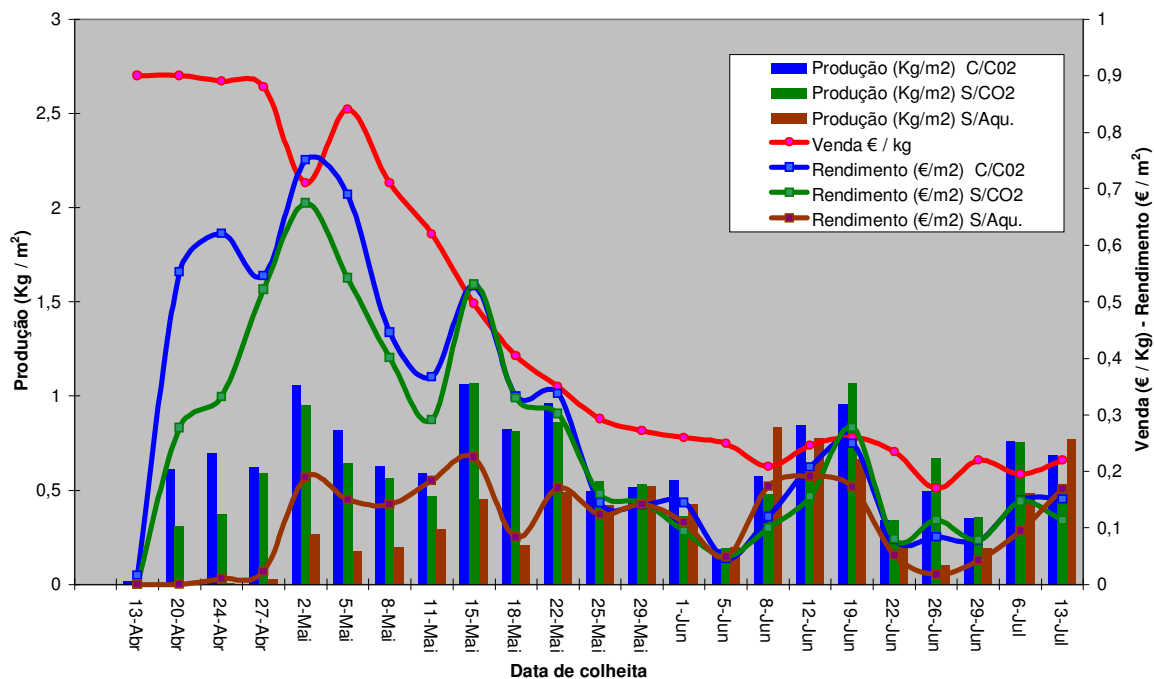


Figura 34 – Preço de venda, produção e rendimento bruto por colheita nos diferentes níveis de controlo ambiental (C/CO₂, S/CO₂, s/Aqu) ao longo da época de colheita

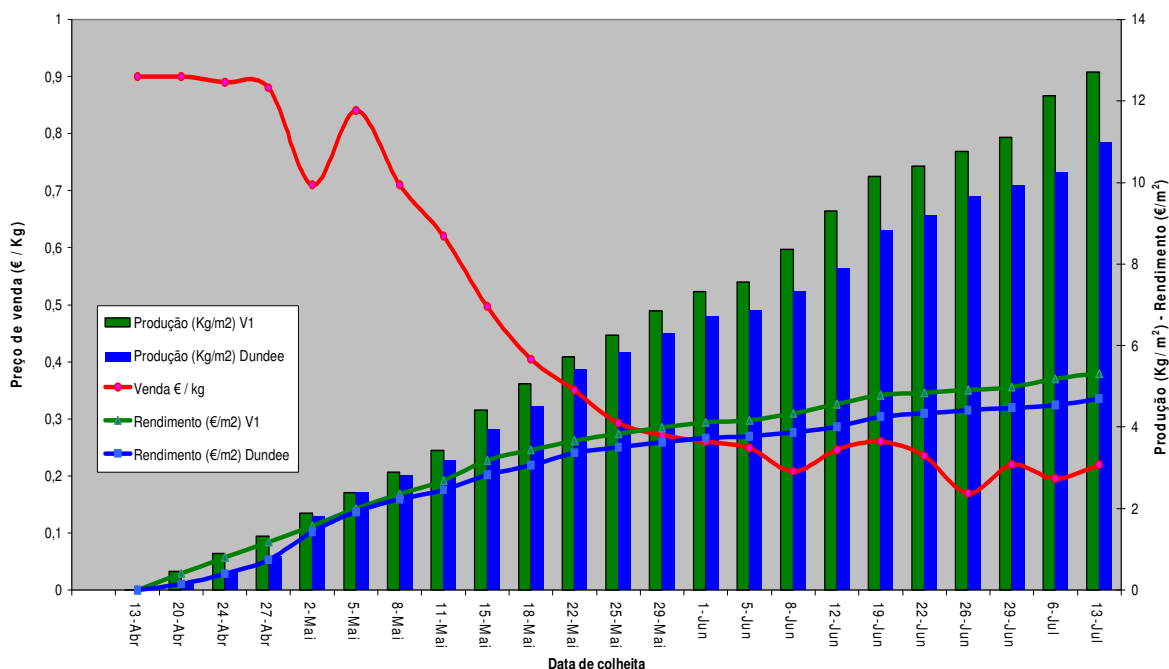


Figura 35 – Preço de venda e valores acumulados da produção e rendimento bruto do tomate das cultivares 'V1' e 'Dundee', ao longo da época de colheita

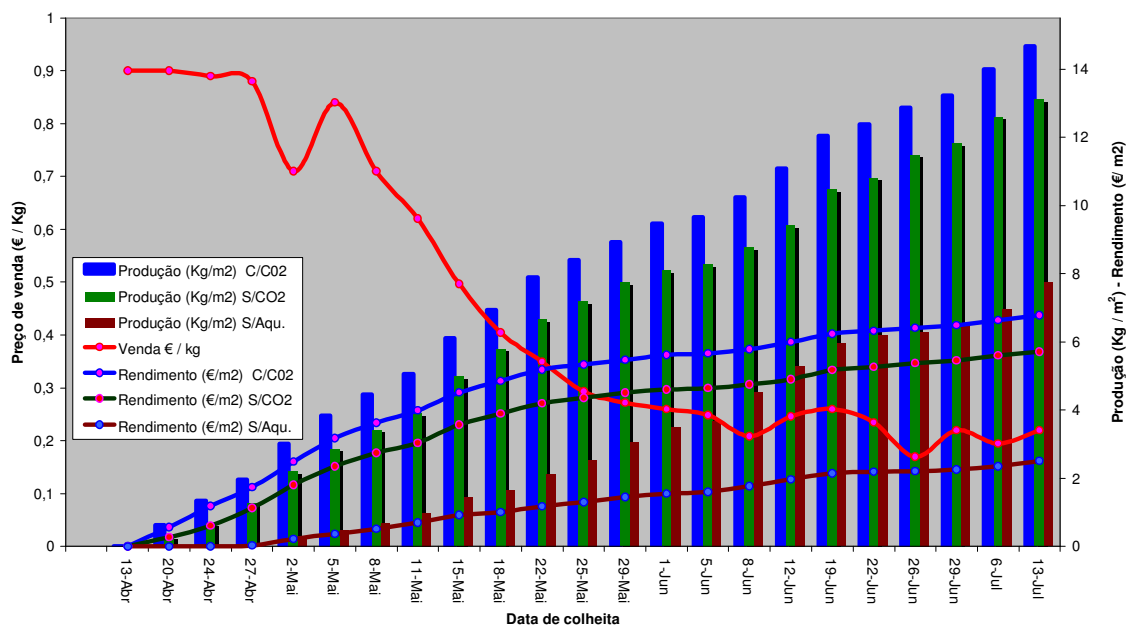


Figura 36 – Preço de venda e valores acumulados da produção e rendimento bruto de tomate com diferentes níveis de controlo ambiental (C/CO₂, S/CO₂; s/Aqu) ao longo da época de colheita

Tabela 9 - Produtividade e Rendimento bruto

Data	Colheita	Venda €/ kg	Produção (Kg/m ²)					Rendimento (€/m ²)				
			V1	Dundee	C/CO ₂	S/CO ₂	S/Aqu.	V1	Dundee	C/CO ₂	S/CO ₂	S/Aqu.
13-04 a 11-05	1ª à 8ª	0,78	3,4	3,2	5,0	3,9	1,0	2,7	2,5	4,0	3,0	0,7
15-05 a 08-06	9ª à 16ª	0,34	4,9	4,1	5,2	4,9	3,5	1,6	1,4	1,8	1,7	1,1
12-06 a 13-07	17ª à 23ª	0,23	4,3	3,7	4,4	4,3	3,2	1,0	0,8	1,0	1,0	0,7
Total		0,42	12,7	11,0	14,7	13,1	7,7	5,3	4,7	6,8	5,7	2,5

Data	Colheita	Venda €/ kg	Produção (% da produção Total)					Rendimento (% do Rendimento final)				
			V1	Dundee	C/CO ₂	S/CO ₂	S/Aqu.	V1	Dundee	C/CO ₂	S/CO ₂	S/Aqu.
13-04 a 11-05	1ª à 8ª	0,78	27,0	29,1	34,4	29,8	12,6	50,7	52,3	58,8	53,2	27,7
15-05 a 08-06	9ª à 16ª	0,34	38,8	37,6	35,3	37,1	45,8	31,0	30,0	26,5	29,9	42,8
12-06 a 13-07	17ª à 23ª	0,23	34,1	33,3	30,2	33,1	41,6	18,3	17,7	14,7	16,9	29,4

Em resumo, das seis modalidades em estudo, a maior produtividade e rendimento foi obtido com a cv. 'V1' em estufa aquecida com injeção de CO₂, respectivamente 15,5 kg/m² e 7 €/m² (Tabela 8).

A menor produção (7,6 kg/m²) registou-se na cultivar 'V1' na estufa sem aquecimento nem injeção de CO₂ e o menor rendimento (2,5 €/m²) registou-se na estufa sem aquecimento nem injeção de CO₂, sendo idêntico em ambas as cultivares, situação que indicia o ligeiro efeito da precocidade da cultivar 'V1' no preço final obtido por esta cultivar (Tabela 8).

A nível das cultivares, nas Figura 33, Figura 35 e Tabela 9 pode-se também analisar a influência da variação do preço de venda ao longo do período cultural no rendimento final. Verificou-se que o melhor rendimento foi obtido na cv. 'V1' mas com pequena diferenças em relação à cv. 'Dundee'. Refira-se que, em ambas as cultivares, as primeiras 8 colheitas, embora tendo representado menos de 30 % da produção total, proporcionaram mais de 50% do rendimento final em ambas as cv.

A análise das diferentes situações de cultivo, relativamente ao controlo ambiental, mostra o efeito positivo do aquecimento e do enriquecimento em CO₂ no rendimento bruto da cultura (Figura 34, Figura 36 e Tabela 9). Assim, a cultura na estufa C/CO₂, na qual 34,4 % da produção total, obtida nas primeiras 8 colheitas, proporcionaram 58,8 % do rendimento final, foi a situação mais rentável. No extremo oposto, a cultura em estufa s/Aquecimento, foi a que proporcionou o menor rendimento bruto. Sem aquecimento, a cultura, além de menos produtiva, concentrou a sua produção nos meses de Maio e Junho, uma altura em que os preços já eram bastante inferiores aos obtidos durante as primeiras colheitas.

9. Conclusões gerais

9.1 Relativas às cultivares de tomate 'V1' e 'Dundee'

- Quando submetidas às mesmas condições de cultivo, as plantas de ambas as cv. atingiram comprimentos semelhantes. As plantas da cv. 'V1' apresentaram maior diâmetro do colo e 58 folhas, em média, por planta enquanto que as da cv. 'Dundee' desenvolveram 53 folhas por planta, mas mais flores, 68 flores/planta *versus* 56 flores/planta na cv. 'V1'.
- A produção comercializável foi idêntica nas duas cv. quando cultivadas na estufa com piores condições ambientais (8 kg m^{-2}). Mas, na estufa metálica com aquecimento e injeção de CO_2 , a cv. 'V1' apresentou maior produção comercializável, 16 kg m^{-2} *versus* 14 kg m^{-2} de 'Dundee'.
- O mercado nacional valoriza os calibres grados, '67-82' e '82-102', aqueles em as duas cv. apresentaram a maior % de produção. A cv. 'Dundee' apresentou ligeira vantagem ao nível do calibre '82-102'. A cv. 'V1' apresentou frutos com maior peso médio (181 g *versus* 171 g /fruto dos frutos da produção comercializável).

9.2 Relativas às condições de produção

Estufa tradicional de madeira do Algarve e estufa metálica com controlo ambiental

- Na estufa metálica, a melhoria das condições climáticas, nomeadamente o aquecimento e a injeção de CO_2 , influiu de forma positiva na cultura de tomate, proporcionando aumentos de produtividade, em relação à estufa tradicional sem aquecimento. Estes aumentos foram de 91 % no sector com aquecimento e injeção de CO_2 e 70 % no sector com aquecimento mas sem injeção de CO_2 .
- Comparando a produção na estufa metálica com a obtida na estufa tradicional sem aquecimento, observa-se que o efeito da maior produtividade e precocidade na estufa metálica possibilitou preços de venda mais elevados, reflectindo-se de forma acentuada no rendimento económico. Assim, o rendimento bruto na cultura em estufa metálica, com e sem CO_2 , foi, respectivamente, 172 % e 128 % mais elevado do que o obtido na estufa de madeira, sem aquecimento nem CO_2 .
- Apesar dos melhores resultados na estufa metálica, nas condições do ensaio os gastos em gás ($4,21 \text{ €/m}^2$) e em CO_2 líquido ($2,32 \text{ €/m}^2$) influíram bastante o

resultado económico da cultura. Mesmo nas modalidades com os maiores rendimentos económicos, na estufa com controlo ambiental (7 €/m² em 'V1' C/CO₂ e 6,4 €/m² em 'V1' S/CO₂), o acréscimo de receita devido à melhoria de condições foi insuficiente para cobrir o aumento dos encargos em energia e CO₂.

- Contudo, dado a maior produtividade e precocidade obtidas, é de admitir que, em determinadas condições, será possível obter resultados económicos positivos, desde que se reúna um conjunto de condições que permitam diminuir os custos e aumentar as receitas, nomeadamente:
 - Exploração de nichos de mercado com preços de venda mais elevados,
 - Optimização das condições tecnológicas de forma a diminuir os custos, nomeadamente em combustível para aquecimento e na injeção de CO₂,
 - Utilização de cultivares mais produtivas e com características mais valorizadas pelo mercado a que se destinam (forma, calibre, qualidades organolépticas),
 - Melhoria da tecnologia cultural para aumentar a produtividade.

9.3 Relativas ao sistema de cultivo

Lã de rocha com recuperação da drenagem

- Com o sistema fechado de cultivo empregue, foi possível recuperar por reciclagem (87%) ou reutilização (13%), a totalidade da solução nutritiva drenada após a rega, o que representa uma elevada economia de água e nutrientes, relativamente aos sistemas abertos.
- É de destacar a elevada economia de água que a cultura sem solo permite relativamente ao cultivo em solo. Considerando o ciclo cultural ocorrido, de 171 dias, com um consumo médio de 1,35 L de solução nutritiva por dia e por planta, resulta, para uma produtividade de 16 kg m⁻², o gasto de apenas 14 L de água por kg de tomate produzido (peso fresco), valor que está de acordo o registado por outros autores (Jensen, 1988)¹ e é substancialmente inferior aos mais de 120 L gastos em média na cultura no solo.

¹ Jensen, M.H. 1988. Controlled environmental agriculture: Today and Tomorrow, International Symposium on High Technology in Protected Cultivation, Tóquio, Japão: 145-155.



Experimentação em Cultura sem Solo desenvolvida no período de 2005 – 2006, ao abrigo de Parceria entre:



**Ministério da
Agricultura,
do Desenvolvimento
Rural e das Pescas**

DRAALG
Direcção Regional
de Agricultura do
Algarve



UNIVERSIDADE DO ALGARVE
FACULDADE DE ENGENHARIA DE RECURSOS NATURAIS