

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO
PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL**

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**FISIOLOGIA DO AMADURECIMENTO: ASPECTOS TEÓRICOS
RELACIONADOS AO EFEITO DO ETILENO NO MARACUJÁ AMARELO
(*Passiflora edules f. flavicarpa*)**

JANETE SANTOS DE OLIVEIRA

**PETROLINA, PE
2020**

JANETE SANTOS DE OLIVEIRA

**FISIOLOGIA DO AMADURECIMENTO: ASPECTOS TEÓRICOS RELACIONADOS
AO EFEITO DO ETILENO NO MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora edules f.*
flavicarpa)**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IF SERTÃO-PE *Campus*
Petrolina Zona Rural, exigido para a
obtenção de título de Engenheira Agrônoma.

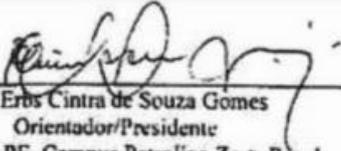
**PETROLINA, PE
2020**

JANETE SANTOS DE OLIVEIRA

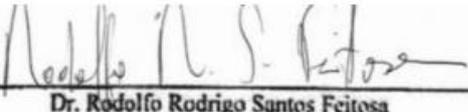
**FISIOLOGIA DO AMADURECIMENTO: ASPECTOS TEÓRICOS RELACIONADOS
AO EFEITO DO ETILENO NO MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora edules f.
flavicarpa*)**

Trabalho de Conclusão do Curso
apresentado ao IF SERTÃO-PE, *Campus*
Petrolina Zona Rural, exigido para a
obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 30 de outubro de 2020.



Dr. Erbs Cintra de Souza Gomes
Orientador/Presidente
IF Sertão-PE, Campus Petrolina Zona Rural



Dr. Rodolfo Rodrigo Santos Feitosa
2º Examinadora
IF Sertão-PE, Campus Petrolina Zona Rural



Me. Edirine Pereira de Sousa
3º Examinador
IF Sertão-PE, Petrolina Zona Rural

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho relatar aspectos teóricos da fisiologia da maturação de frutos de maracujá amarelo e a sua interação com o hormônio etileno ao longo do ciclo produtivo. De acordo com a busca por diversas fontes relacionadas ao tema, analisamos quais os efeitos que o etileno causa no fruto no decorrer dos processos bioquímicos de maturação e pós-colheita, compreendendo a importância que o etileno desempenha no fruto. Através desse estudo foi possível verificar a influência do etileno no desenvolvimento do maracujá amarelo, seu ciclo de produção/ativação, atividade enzimática da ACC oxidase (ACCO) e a determinação do estágio de maturação ideal. Concluímos que o maracujá-amarelo requer cuidados em todo o ciclo de crescimento e desenvolvimento. Um dos pontos mais importantes é o ponto de maturidade fisiológica; outro aspecto notado no presente estudo é que o maracujá amarelo difere quanto à produção de etileno e atividade da enzima ACCO, de acordo com o estágio de maturação. A espécie é considerada, em comparação com outras espécies, como produtora intermediária de etileno.

Palavras-chave: Maturação, Etileno, ACCO.

ABSTRACT

The objective of this study was to report theoretical aspects of the physiology of yellow passion fruit ripening and its interaction with ethylene hormone throughout the production cycle. According to the search for various sources related to the theme, aiming to analyze what effects ethylene causes on the fruit during the biochemical, maturation and post-harvest processes, and understand the importance that ethylene plays on the fruit. Through this study it was possible to verify the functioning of ethylene in the development of yellow passion fruit, its production, enzymatic activity of ACC oxidase (ACCO) and the determination of the stage of maturation. Based on the studies raised in the present work, the yellow passion fruit requires care in all its processes. Especially from the point of physiological maturity to post-harvest, another aspect noted in the present study is that the yellow passion fruit differs in terms of ethylene production and ACCO enzyme activity, according to the maturation stage. The species is considered, in comparison with other species, as an intermediate ethylene producer.

Index terms: Maturation, Ethylene, ACCO.

Dedico este trabalho de conclusão de curso a Deus,
aos meus pais, a minha irmã, aos meus amigos e a
todas as pessoas que me apoiaram e me
ajudaram a chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

A Deus por me dar forças e me segurar em todos os momentos em que pensei em desistir.

A minha mãe Angélica, por sempre me apoiar e me incentivar, dedicando todo o seu carinho e amor em suas orações por mim.

A minha irmã Suzana, uma verdadeira guerreira que sempre me amparou em tudo e em todos os momentos, principalmente, em minhas crises e ansiedades. Você segurou-me em seus braços me trazendo palavras de coragem e motivação. Sempre acreditou em mim, me fazendo crer que eu seria capaz de vencer esta etapa da minha vida.

Agradeço imensamente aos meus amigos, pois sem eles eu não teria chegado até aqui. Em especial, a vocês: Eliane Oliveira – um anjo que Deus colocou em minha vida; Teonis Bello – a mão que me impulsionou na direção certa; José Uelisson (Uelissinho) como carinhosamente o chamo, minha gratidão por me ajudar, me guiar mesmo de tão longe e com tantas atribuições.

Ao meu orientador, Prof. Erbs Cintra de Souza Gomes, que me acolheu e me resgatou quando achei que já não ia para lugar algum, agradeço ao Prof. Rodolfo Rodrigo Santos Feitosa e a Prof. Edilaine Pereira de Sousa componentes da banca, por estarem presentes nesse momento de minha trajetória acadêmica. Por fim, gratidão a todos e todas que de maneira direta ou indireta me ajudaram, me ampararam, me colocaram em suas orações. Que Deus os abençoe sempre.

“O Aprendizado é o significado mais límpido da vida, pois jamais se termina uma existência sem que se aprenda algo.”

Maria Clara Fraga Lopes

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- **AMMA:** Agência Municipal do Meio Ambiente
- **ACC OXIDASE (ACCO):** Ácido 1- carboxílico-1-aminociclopropano oxidase
- **ACC SÍNTETASE (ACCS):** Ácido 1- carboxílico-1-aminociclopropano sintetase
- **(SAM):** S-adenosil-metionina (SAM)
- **MALONIL-ACC:** Ácido 1- carboxílico-1-aminociclopropano malonil
- **(NMT):** Nmaloniltransferase
- **1-MCP:** 1-Metilciclopropeno
- **(PVC):** Cloreto de Polivinila

SÚMARIO

1.	INFORMAÇÕES INICIAIS SOBRE A CULTURA DO MARACUJÁ AMARELO.....	08
2.	OBJETIVOS.....	10
2.1	Objetivo geral.....	10
2.2	Objetivo específico.....	10
3.	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MARACUJÁ AMARELO.....	11
3.1	Aspectos teóricos da cultura do maracujá amarelo.....	13
3.2	Volume de produção do maracujá amarelo.....	14
3.3	Fases de desenvolvimento do etileno no maracujá amarelo.....	16
3.4	A classificação do maracujá como fruto climatérico.....	17
3.5	Cuidados e controle do etileno na pós-colheita.....	19
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
5.	REFERÊNCIAS.....	23

1. INFORMAÇÕES INICIAIS SOBRE A CULTURA DO MARACUJÁ AMARELO

Maracujá, nome popular dado a várias espécies do gênero *Passiflora* (o maior da família *Passifloraceae*), vem de *maráú-ya*, que para os indígenas significa "fruto de sorver" ou "polpa que se toma de sorvo" (ITAL, 1994). Cerca de 90% das 400 espécies deste gênero são originárias das regiões tropicais e subtropicais do globo, sendo o maior foco de distribuição geográfica o Centro-Norte do Brasil, onde encontram-se pelo menos 79 espécies. As espécies de maior interesse comercial no país são *Passiflora edulis* fo. *flavicarpa* O. Deg.; *Passiflora alata* Curtis e *Passiflora edulis* fo. *edulis* (RUGGIERO, 1987).

De acordo com BERNACCI, (2003), cerca de 120 espécies são nativas do Brasil. No entanto, apesar do grande número de espécies distribuídas pelo país, os cultivos comerciais concentram-se no maracujá amarelo (*Passiflora edulis*), que representa mais de 95% dos pomares. Segundo MELETTI E BRUCKNER, (2001), isso acontece devido à qualidade dos frutos, vigor, produtividade e rendimento do suco.

Na fruticultura tropical, o maracujá vem ocupando lugar de destaque com dados crescentes de produção e ocupação de áreas nos últimos anos, principalmente por ser considerada entre os pequenos produtores uma alternativa viável e de rápido retorno econômico, com possibilidade de obtenção de receitas ao longo do ano. Considerando as formas de consumo, o maracujá amarelo é mais consumido na forma de sucos em razão, principalmente, das motivações tradicionais que levaram ao conhecimento das suas propriedades medicinais. Para MELETTI (2011), o valor comercial do maracujá somente ocorreu no final da década de 60 do século passado, quando os primeiros pomares paulistas foram instalados.

Dados do IBGE publicados em 2017, reforçam que a produção de maracujá é uma atividade de significativa importância socioeconômica para o país, especialmente para a agricultura familiar, por possuir um forte apelo social relacionado ao elevado grau de empregabilidade. Dados médios observados no relatório do IBGE (2017) destacam que a cada hectare cultivado com maracujá amarelo no Brasil, três a quatro empregos diretos são gerados, com repercussão indireta de oito a nove empregos ao longo de toda a cadeia produtiva, contribuindo

sobremaneira para o desenvolvimento da agricultura familiar e a fixação de mão de obra no campo.

Em relação ao ciclo produtivo, o início da colheita geralmente ocorrerá entre seis e nove meses após o plantio, a depender dos diversos fatores edafoclimáticos estabelecidos. Plantios em meses mais quentes do ano propiciam colheitas mais precoces, iniciadas a partir do sexto mês. Isso ocorre em função de uma série de interações fisiológicas que disparam cascatas de reações que propiciam aceleração do ciclo de produção, expressos por meio do crescimento e desenvolvimento dos frutos.

Um detalhe que nos chamou atenção nos estudos observados até aqui, foi aquele que apontou para o período ideal de colheita como aquele em que os frutos estão caídos no chão. Dessa forma, considerando as características fisiológicas do maracujá enquanto fruto classificado como climatérico – frutos em que ocorre pico da produção de etileno, podendo coincidir ou ocorrer antes da máxima expressão da atividade respiratória, realizamos uma pesquisa de caráter bibliográfico, objetivando relatar os aspectos teóricos da fisiologia da maturação de frutos de maracujá amarelo e a sua interação com o hormônio etileno ao longo do ciclo produtivo.

Figura 1 – Cultura do Maracujazeiro (*Passiflora edules f. flavicarpa*).



Fonte: <https://docplayer.com.br>

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Relatar aspectos teóricos da fisiologia da maturação de frutos de maracujá amarelo e a sua interação com o hormônio etileno ao longo do ciclo produtivo.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Compreender a influência dos fatores edafoclimáticos no ciclo produtivo do maracujá amarelo.
- ✓ Ampliar a compreensão sobre o efeito do etileno no maracujá amarelo.
- ✓ Identificar recomendações técnicas que tratam da determinação do ponto de colheita inicial do maracujá amarelo.

3. CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MARACUJÁ AMARELO

O maracujá amarelo (*Passiflora edules f. flavicarpa*) ou maracujá azedo é a espécie, da família *Passifloraceae*, mais conhecida e amplamente comercializada de Norte a Sul do País. É uma planta trepadeira herbácea, que se prende aos suportes através de gavinhas, apresenta grande vigor vegetativo, podendo atingir de 5 a 10 m de comprimento. O sistema radicular é do tipo axial ou pivotante, e a maioria das raízes se encontra nos primeiros 15 cm de profundidade do solo. O caule se apresenta glabro ou piloso e seu formato é cilíndrico ou ligeiramente anguloso quando jovem. Os ramos de coloração verde escura, com algumas variações, são semi-flexíveis e trepadores. As folhas são simples, alternadas, havendo algumas espécies compostas, apresenta formato lobado ou digitado, com bordos lisos ou serrados. As gavinhas são, em geral, solitárias e nascem nas axilas das folhas. Os pecíolos, estípulas e brácteas apresentam, geralmente, glândulas nectaríferas ocelares, em número, forma e posição variável (CUNHA et al., 2004); CARVALHO-OKANO E VIEIRA, (2001); MELETTI E MAIA, (1999); NASCIMENTO, (1996); (RUGGIERO et al., 1996).

As flores têm valor ornamental por serem belas, grandes, possuem colorações variáveis entre as espécies, são perfumadas, abundantes em néctar, exercendo forte atração sobre insetos polinizadores. Nascem nas axilas das 6 folhas, onde podem ser encontradas isoladas ou aos pares, raramente em inflorescências. As flores são consideradas completas (com órgão masculino e feminino) e denominadas hermafroditas. Apresentando-se pedunculadas, são protegidas por brácteas foliáceas, em geral em número de três (CUNHA et al., 2004); MELETTI E MAIA, (1999); (RUGGIERO et al., 1996).

Figura 2 – Maracujá Amarelo.



Fonte: <https://blog.mfrural.com.br>

Figura 3 – Maracujá Amarelo.



Fonte: <https://www.fruta.com.br>

Figura 4 – Flor do Maracujá.



Fonte: <https://revistagloborural.globo.com>

3.1 Aspectos teóricos da cultura do maracujá amarelo

A cultura do maracujazeiro é de extrema importância, sendo uma ótima alternativa para o pequeno produtor, pois possui rápido retorno financeiro, feito o manejo adequado tem-se uma boa produtividade, podendo ser colhido em diferentes épocas do ano. Segundo MELLETTI, (1994) vai depender da época de plantio e do no manejo, o maracujazeiro pode iniciar a produção em seis meses após o plantio, assim permite rápido retorno financeiro investido ao cultivo dessa fruteira. (RIZZI et al. 1998) relataram que essa cultura adquiriu expressão econômica a partir do ano 1986, quando houve ampliação significativa na área cultivada e na produção conduziu à profissionalização da atividade. Para (PIMENTEL et al., 2009) nos últimos anos, embora a expansão da área cultivada com maracujazeiro tenha sido motivada, pelo aumento do consumo interno da fruta *in natura* e pelo suco processado, a produção nacional não supriu a demanda do mercado agroindustrial.

Trata-se do gênero *Passiflora*, amplamente distribuído pelas Américas e com uma grande variabilidade genética a ser explorada nos programas de melhoramento, cuja avaliação e caracterização são ferramentas indispensáveis na ampliação desses estudos (GANGA et al., 2004). O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá, com aproximadamente 60% da produção total (ARÊDES et al., 2009). No País, a produção da fruta é estimada em 664.000 toneladas, sendo a área cultivada correspondente a 47.032 hectares por ano IBGE (2010), com produtividade média de 12 a 15 toneladas por hectare, havendo potencial para produção de 30 a 35 toneladas por hectare (SILVA et al., 2009).

Em relação aos aspectos fisiológicos, segundo WATADA et al., (1984) durante o amadurecimento, os frutos passam pelo período climatérico ocorrendo nesta fase uma série de mudanças bioquímicas associadas ao aumento natural da respiração e da produção autocatalítica de etileno. Esta fase da vida do fruto marca a transição entre as fases de amadurecimento e senescência, sendo caracterizada pela diminuição de resistência a doenças, pelas modificações celulares e pelas reações metabólicas, que contribuem para a deterioração do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O etileno é um hormônio vegetal gasoso, produzido em todas as partes dos vegetais superiores. A taxa de produção de etileno depende do tipo de tecido e do estágio de desenvolvimento deste. A emissão deste fitohormônio é expressiva durante a abscisão foliar e a senescência da flor, bem como, durante o amadurecimento dos frutos. O etileno tem sua expressão aumentada por ataque de patógenos e por danos de origem física ou química (ABELES et al., 1992).

É um fitohormônio que modula diversos processos metabólicos envolvidos no amadurecimento de frutos, coordenando a expressão gênica que envolve o aumento da taxa respiratória, a degradação de clorofila e a síntese de carotenóides na casca do fruto, a interconversão de açúcares, o aumento na atividade de enzimas que degradam a parede celular e até mesmo a produção auto-catalítica de etileno (GRAY et al., 1992).

3.2 Volume de produção do maracujá amarelo

Em relação à produção, FALEIRO et al., (2019). Afirma que o maracujá amarelo é exemplo de sucesso cuja produtividade média nacional é de 14t/ha/ano, enquanto a produtividade média do DF é de 35 t/ha/ano e a produtividade média obtida no Núcleo Rural do Pípiripau - DF, em condição de estufa, é de aproximadamente 75 t/ha/ano. Essas elevadas produtividades têm sido obtidas com o uso de cultivares de maracujá geneticamente melhorado e a adoção de tecnologias no sistema de produção como a correção da acidez e fertilidade do solo, podas, polinização manual, fertirrigação, manejo integrado de pragas e doenças, entre outras práticas.

Bahia e Goiás são os principais fornecedores, tanto em quantidade como em frequência, suprindo 91,1% da quantidade comercializada. Goiás supre 56,1% da demanda da Ceasa-GO. A Ceasa-GO comercializou maracujá azedo de 109 localidades no período avaliado, sendo 78 localizadas em Goiás e 13 na Bahia. A Bahia comercializou 3.582 e 3.235 toneladas de maracujá-azedo nas Ceasa-DF e Ceasa-GO, respectivamente. Tais quantidades são muito próximas e caracterizam regularidade de fornecimento ao mercado atacadista. A produção do Distrito Federal é comercializada no atacado principalmente na Ceasa DF e em quantidade pouco significativa na Ceasa-GO. (FALEIRO et al., 2019).

Figura 5 – Plantio de maracujá-azedo na Bahia, Goiás e Distrito Federal entre 2010 e 2016.

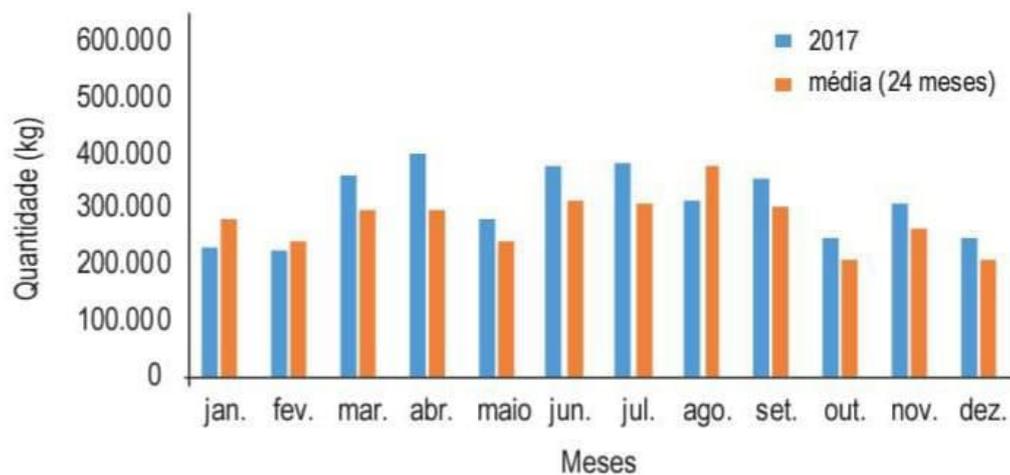
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BAHIA							
Área (ha) ⁽¹⁾	32.378	29.885	29.971	29.696	30.662	25.024	27.330
Quantidade (t) ⁽²⁾	461.105	410.078	320.945	355.020	381.192	307.088	342.780
Valor da produção ⁽³⁾	400.352	322.072	262.494	273.771	344.212	312.557	377.356
GOIÁS							
Área (ha) ⁽¹⁾	893	1.006	872	377	362	488	382
Quantidade (t) ⁽²⁾	14.470	16.866	15.291	5.998	5.338	8.582	6.099
Valor da produção ⁽³⁾	15.051	18.764	18.517	8.674	7.524	11.244	7.930
DISTRITO FEDERAL							
Área (ha) ⁽¹⁾	206	189	168	120	125	197	148
Quantidade (t) ⁽²⁾	3.167	4.853	4.112	3.495	3.766	5.890	3.560
Valor da produção ⁽³⁾	5.668	8.139	6.086	5.243	5.931	13.105	7.209

⁽¹⁾ Área destinada à colheita (ha).

⁽²⁾ Quantidade produzida (toneladas).

⁽³⁾ Valor da prod. Valor da produção (mil reais) - (R\$ x 1.000).

Fonte: IBGE (2017).

Figura 6 – Comercialização de maracujá-azedo no Ceasa-GO.

Fonte: Ceasa-GO.

3.3 Fases de desenvolvimento do etileno no maracujá amarelo

Estudos demonstram que os frutos do maracujazeiro amarelo apresentam padrão climatérico para a respiração e para a produção de etileno SALOMÃO, (2002). O melhor entendimento do metabolismo de amadurecimento desses frutos subsidiaria propostas de tecnologias para melhor conservação dos mesmos.

WINKLER et al. (2002) verificaram que frutos de maracujazeiro amarelo colhidos em estágio “predominantemente verdes” apresentaram produção de etileno superior quando comparados com os frutos colhidos no estágio “predominantemente coloridos” e com os “totalmente coloridos”. Entretanto, VIANNA-SILVA, (2007) verificou que frutos de maracujazeiro amarelo colhidos com 49 dias após a antese em abril de 2007, na região Norte Fluminense, armazenados à temperatura ambiente (25°C), apresentaram durante o amadurecimento aumento de luminosidade (parâmetro L de Hunter) e aumento do amarelecimento da casca (aumento de Hunter a e b), atingindo o pico climatérico entre o sexto e o nono dia de armazenamento, quando se encontravam com a casca totalmente amarela. Em geral, o tempo, a intensidade e a duração do climatérico variam de acordo com a espécie e a temperatura ambiente.

Para se obter frutos com qualidade, é necessária uma definição prévia sobre o melhor estágio de maturação no momento da colheita, levando em consideração à distância e à exigência do mercado consumidor. Quanto à colheita dos frutos do maracujazeiro amarelo, destinado ao consumo in natura, pode ser feita quando os frutos ainda estiverem verdes na região próxima do pedúnculo. A coloração deve estar uniforme e mostrar uma boa aparência, para garantir uma classificação comercial adequada aos padrões de mercado. No processamento industrial, os frutos de maracujazeiro amarelo devem estar totalmente amarelados, apresentando elevados valores de rendimento de suco, de acidez titulável e de sólidos solúveis (VERAS et al., 2000); NASCIMENTO, (1996).

Figura 7 – Fases de Maturação do Maracujá Amarelo.



Fonte: Kdfrutas.com.br

3.4 A classificação do maracujá como fruto climatérico

Uma das possíveis classificações dos frutos está enquadrada na definição de dois grupos distintos: frutos climatéricos e frutos não-climatéricos. No primeiro grupo, estão incluídos os frutos que ao serem colhidos no ponto de maturidade fisiológica, que corresponde a maturidade em que o fruto atingiu seu tamanho e peso máximo, porém ainda não possui características visíveis e sensoriais desejáveis ao consumo. Continuam o processo de amadurecimento destacados da planta mãe ao passo que os demais frutos, os não-climatéricos, precisam atingir a maturidade comercial, fase do desenvolvimento em que o fruto possui as características desejadas pelo consumidor final, como cor, aroma, sabor, qualidade, tamanho para serem colhidos, tendo em vista que esses não apresentam mecanismos de autocatálise.

No processo de maturação dos frutos climatéricos, ocorre um aumento significativo na taxa respiratória e a produção de etileno. A respiração dos produtos vegetais é o processo bioquímico que ocorre no interior das células para a formação de energia. O maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) é um fruto climatérico (KADER et al., 1989). O abacate, a banana, a manga, o mamão, a pêra são exemplos juntamente com o maracujá de frutos climatéricos. Já o coco, a uva, o limão, a amora, a framboesa, o morango, o abacaxi são exemplos de frutos não-climatéricos.

Segundo THEOLOGIS et al., (1992); BOUZAYEN et al., (1997); ZIMMER, (1998), o etileno é um gás, um hidrocarboneto (C₂, H₄), que atua como fitohormônio, desempenhando um papel importante na regulação do processo deteriorativo intrínseco da planta. Ele controla muitos estádios do desenvolvimento da planta, tais como, maturação de frutos climatéricos, senescência de folhas e

flores. Sua síntese autocatalítica é fortemente estimulada por fatores exógenos, como infecções fúngicas e/ou bacterianas, injúrias mecânicas, estresses hídrico, térmico e salino, e também por outros fitohormônios.

A via de biossíntese do etileno foi descrita por YANG; HOFFMAN, (1984). O aminoácido metionina é o precursor biológico do etileno em todas as plantas superiores, e é convertido em etileno pela via de biossíntese que compreende dois passos com reações enzimáticas. Na primeira reação, o S-adenosil-metionina (SAM) é convertido em ácido 1- carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) pela ação da enzima ACC sintetase (ACCS). O ACC é então metabolizado pela enzima ACC oxidase (ACCO), por uma reação de oxidação que necessita de O₂ e ferro, e que é ativada pelo CO₂ para produzir etileno (WINKLER et al., 2002).

Outra importante reação é o chamado ciclo de Yang, que recupera o enxofre e ressintetiza o SAM. Em alguns casos, o etileno regula sua própria produção, induzindo a uma nova síntese de ACCS e ACCO. O ACC, precursor imediato do etileno, pode ser convertido ainda em malonil-ACC sob a ação da enzima Nmaloniltransferase (NMT) e então transportado nessa forma para os vacúolos (THEOLOGIS et al., 1992); (GRIERSON, 1998).

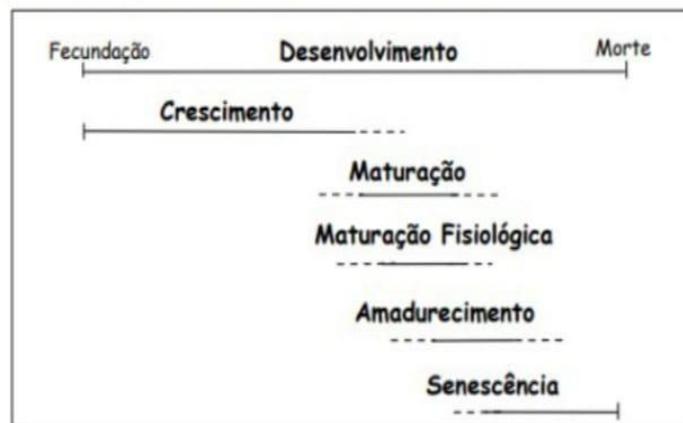
Para TAIZ; ZEIGER, (2006), o etileno é o principal hormônio envolvido no amadurecimento. Conforme o fruto cresce, ocorre um aumento na síntese de etileno e concomitantemente a taxa respiratória aumenta. Em tese, pode-se atestar que o etileno tem um efeito de amadurecer os frutos, através de processos bioquímicos desencadeados por fatores internos como a ACC e sua síntese e externos, como a temperatura.

Em estudos realizados por VIANNA-SILVA, (2008), buscou-se compreender os processos fisiológicos dos frutos de maracujazeiro amarelo. Para KLUGE et al., (2002) tanto no amadurecimento dos frutos, como as demais fases, ocorrem as transformações de sínteses e de degradação que aumentam a aceitabilidade das frutas para o consumo, estando o etileno intrinsecamente relacionado a diversas as etapas.

Os processos fisiológicos, dos quais a síntese do etileno faz parte, podem subsidiar propostas para o aperfeiçoamento das condições de armazenamento e transporte, direcionado para a manutenção da qualidade dos frutos, além da redução das perdas na comercialização deste produto (DURIGAN et al., 2004).

A partir das observações nos diversos estudos presentes neste trabalho, verificamos o quanto o etileno é importante em todas as etapas do desenvolvimento dos frutos, até mesmo para o seu consumidor final. Na figura 1, estão demonstradas as fases de desenvolvimento dos frutos.

Figura 8 – Diagrama esquemático mostrando as fases de desenvolvimento dos frutos.



Fonte: (WATADA et al.,1984).

3.5 Cuidados e controle do etileno na pós-colheita

A presença do etileno em ambientes de armazenamento e transporte comprometem a qualidade de frutos e hortaliças, climatéricos e não climatéricos, por conduzi-los à senescência. Frutos climatéricos, como o melão, caracterizam-se por significativas mudanças na produção de etileno. Geralmente, a taxa de produção de etileno aumenta com a maturação, as injúrias físicas, a incidência de doenças, o aumento da temperatura acima de 30°C e estresse hídrico (KADER, 1992).

Para WINKLER et al., (2002), as observações realizadas utilizando a cromatografia gasosa a fim de analisar a produção de etileno em frutos de maracujá amarelo em três estádios de maturação: frutos verdes, predominantemente coloridos (estádio intermediário de maturação) e totalmente coloridos (início de senescência), concluiu que o maracujá-amarelo difere quanto à produção de etileno e atividade da enzima ACCO, de acordo com o grupo de maturação. Todos os frutos climatéricos sintetizam etileno no início da maturação e este fitohormônio induz a expressão de genes responsáveis pelos atributos qualitativos do fruto, cor, aroma e sabor, fortemente representado neste estudo pelos grupos I, II e III.

FAVORITO et al., (2017) estudando as perdas de massa em pós-colheita encontraram um valor de 33,45% de perdas para frutos de maracujá armazenados por 14 dias em condição ambiente (24°C). RINALDI et al., (2017) avaliando temperaturas de armazenamento na conservação pós-colheita de maracujá, obtiveram perda de massa de 6,16% para os frutos armazenados a 6°C, e de 20,42% para os frutos armazenados em condição ambiente (21,3°C), durante quatro dias. O autor ainda justificou que, em produtos vegetais, quanto menor a temperatura de armazenamento, menor é a taxa respiratória, resultando em menor transpiração e perda de massa fresca.

No presente estudo, o maracujá-amarelo foi considerado produtor intermediário de etileno em comparação com outras espécies, assemelhando-se a algumas cultivares de tomate, maçã, melão, pêssego, pêra, ameixa, caqui e kiwi (ZIMMER, 1998). Outros estudos mostraram que existem diferenças para a produção de etileno e atividade da ACCO entre espécies do gênero *Passiflora* (WINKLER et al., 2002).

Em níveis críticos, o etileno proporciona trocas associadas ao metabolismo, ocasionando um aumento na taxa de respiração (BRICENO et al., 1999). Os sinais para essas respostas são intermediados por proteínas receptoras de etileno, localizadas na membrana celular. Devido aos efeitos diversos do etileno em grande número de espécies de plantas, muitos deles indesejáveis, como a aceleração no processo de senescência há necessidade de controlar esses efeitos durante a fase de pós-colheita dos produtos (PEREIRA; BELTRAN, 2002).

A baixa temperatura e atmosfera controlada, com baixo nível de oxigênio e alto nível de dióxido de carbono, causam redução da produção e ação do etileno, bem como retardam a maturação e a deterioração dos frutos após a colheita (ARGENTA, 2000).

O etileno, tal como o jasmonato e o salicilato desempenham importante função nas reações de defesa a patógenos. Plantas pré-tratadas com etileno mostraram um decréscimo na suscetibilidade a *Botryti cinérea*, enquanto pré-tratadas com 1-MCP, um inibidor de etileno, resultou em aumento da doença. O pré-tratamento com etileno induziu a expressão de diversos genes de PR-proteínas antes da infecção por *B. cinerea*. Os resultados confirmam que as reações do etileno são importantes para a resistência de tomate a *Botrytis cinérea* (DIAZ et al., 2002).

Em estudos sobre a conservação dos frutos a atmosfera modificada passiva é uma ferramenta que age como a presença de uma barreira artificial – como embalagem de filme plástico – à difusão de gases em torno do produto, que resulta no baixo nível de O₂, aumento do nível de CO₂, alteração na concentração de etileno e vapor d'água e alterações em outros compostos voláteis resultando em mais tempo de conservação dos frutos (LANA; FINGER, 2000).

A manutenção da qualidade dos frutos deve-se às técnicas de armazenamento pós-colheita que reduzem as taxas respiratórias, retardam o amadurecimento e previnem as desordens. A perda de água e a decomposição natural do fruto podem ser evitadas com a utilização de armazenamento refrigerado (AR), que mantém a qualidade dos frutos por um curto espaço de tempo e a modificação da atmosfera ambiente, ou mesmo a combinação de ambos, imediatamente após a colheita. No acondicionamento de frutas, devem ser utilizadas embalagens ativas, principalmente com absorvedores de etileno, um produto indesejável do próprio metabolismo da fruta, funcionando como acelerador da maturação. O uso de filme plástico à base de polietileno ou cloreto de polivinila (PVC), devido a sua praticidade, custo relativamente baixo e alta eficiência, tem sido bastante utilizado, principalmente quando associado ao armazenamento refrigerado, para evitar perdas de frutas. Frutos tropicais podem ter a vida pós-colheita prolongada, devido à redução da taxa respiratória, da produção de etileno e, conseqüentemente, diminuição do amadurecimento por meio da modificação da atmosfera (AWAD, 1993).

Na prática, os processos fisiológicos poderiam subsidiar propostas para o aperfeiçoamento das condições de armazenamento e transporte, direcionado para a manutenção da qualidade dos frutos, além da redução das perdas na comercialização deste produto (DURIGAN et al., 2004).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do estudo realizado pôde-se observar que o etileno é de suma importância nos processos fisiológicos e de amadurecimento dos frutos de maracujá-amarelo ao longo de todo o ciclo produtivo, principalmente nos processos de maturação e vida pós-corte dos frutos. Entender como a síntese do etileno funciona, com seus processos internos e externos auxilia nos cuidados que se deve ter nos mecanismos de maturação e conservação do fruto. Principal fitohormônio, proporciona de maneira natural e bela a maturação dos mesmos, dando-lhes aroma, sabor, cor e qualidade, conduzindo assim a uma boa produtividade, vigorosidade e um produto de excelência e qualidade para o consumidor final.

5. REFERÊNCIAS

ABELES, F.B.; MORGON, P.W.; SALTVEIT JR., M.E. Fruit ripening, abscission, and postharvest disorders. In: Abeles, F.B.; Morgon, P.W.; Saltveit Jr., M.E. (eds.) **Ethylene in Plant Biology**. 2 nd edn. San diego, Academic Press, p. 414,1992.

AGRIANUAL - **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, 2009. v.1, p.371-372.

AMARANTE, C.; BANKS, N.H.; GANESH, S. Relationship between character of skin cover of coated pears and permeance to water vapour and gases. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.21, p.291-301, 2001.

ARÊDES, A.F.; PEREIRA, M.W.G.; GOMES, M.F.M.; RUFINO, J.L.S. Análise econômica da irrigação na cultura do maracujá. **Revista de Economia da Universidade Estadual de Goiás**, Anápolis, v.5, n.1, p.66-86, 2009.

ARGENTA, L. C. **Conservação da qualidade e respostas fisiológicas de caqui ao inibidor da ação do etileno 1-MCP**. Caçador: EMATER-SC. Estação Experimental de Caçador, 2000, Relatório técnico apresentado a Rohm and Haas Co. 2000.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel. p. 114, 1993.

BERNACCI, L. C.; MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 2, p. 355-356, agosto de 2003.

BERNACCI, L.C. Passifloraceae. In: WANDERLEY, M.G.L.; SHEPHERD, G.J.; GIULIETTI, A.M.; MELHEM, T.S. (Ed.). **Flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: RiMa, FAPESP, 2003. v.3, p. 247-248.

BEN-YEHOSHUA, S. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film - A new postharvest technique. **HortScience**, Alexandria, v.20, p.32-37, 1985.

BRICEÑO, S.; ZAMBRANO, J.; CASTELLANOS, E. Retardo en la maduración de frutos de mango cv. 'Kentt' y 'Palmer' mediante la mezcla vermúlita - KMnO4 y silicagelKMnO4. **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 49, n. 1, p. 41-49, 1999.

BRUCKNER, C. H.; SILVIA, M. M. **Florescimento e Frutificação**. In: Bruckner. C.H.; Picanço. M.C.; Maracujá: tecnologia de produção. pós-colheita. agroindústria. mercado. Porto Alegre: Cinco continentes. 51-68. 2001.

CASTRO, J.V. **Matéria-prima** In: ITAL. Maracujá. Campinas: ITAL, 1994. 267p. Série Frutas Tropicais.

CARVALHO-OKANO, R. M.; VIEIRA, M. F. **Morfologia Externa e Taxinomia**. In: Bruckner. C.H.; Picanço. M.C.; *Maracujá: tecnologia de produção. póscolheita. agroindústria. mercado*. Porto Alegre: Cinco continentes.. Florescimento e frutificação do maracujazeiro-amarelo submetido à iluminação artificial, irrigação e sombreamento, 2001. p. 33-49.

CAVICHIOLO, C. J.; MELETTI, L. M. M.; NARITA, N. **Aspectos da cultura do maracujazeiro no brasil**. IBGE, 2017.

CHEN, X.; MAARTEN, L.A.T.M.; HERTOOG, M.L.A.T.M.; BANKS, N.H. The effect of temperature on gas relations in MA packages for capsicums (*Capsicum annum* L., cv. Tasty): an integrated approach. **Postharvest Biology and Technology, Amsterdam**, v.20, p.71-80, 2000.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-Colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e Manuseio**. Lavras: ESAL/FAEP, 785 p., 2005.

CUNHA, M. A. P.; BARBOSA, L. V.; FARIA, G. A. *Botânica*. In: LIMA, A. DE A., CUNHA, M.A.P. da; **Maracujá: Produção e Qualidade na Passicultura**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 13-35, 2004.

D'AQUINO, S.; PIGA, A.; AGABBIO, M.; McCOLLUM, T.G. Film wrapping delays ageing of 'Minneola' tangelos under shelf-life conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, p.107-116, 1998.

DIAZ, J.; HAVE, A. ten; KAN, J. A. L. van The role of ethylene and wound signaling in resistance of tomato to *Botrytis cinerea*. **Plant Physiology**, Rockville, v.129, p.1341- 1351, 2002.

DURIGAN, J. F.; SIGRIST, J. M. M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; VIEIRA, G. **Qualidade e Tecnologia pós-colheita do maracujá**. In: Lima, A.de A.; Cunha, M.A.P. da. Maracujá: produção e qualidade na passicultura. 283-303 p. 2004.

ENAMORADO, H.E.P.; FINGER, F.L.; BARROS, R.S.; PUSCHMANN, R. Development and ripening of yellow passion fruit. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.70, p.573-576, 1995.

FALEIRO et al., Maracujá Prospecção de demandas para pesquisa, extensão rural e políticas públicas baseadas na adoção e no impacto de tecnologias. **Expedição Safra Brasília – Maracujá**, v. 2, p. 50, 2019.

FAVORITO, P. A.; VILLA, F.; TAFFAREL, L. E.; ROTILI, M. C. C. Qualidade e conservação pós-colheita de frutos de maracujá-amarelo sob armazenamento. **Scientia Agraria Paranaensis, Marechal Cândido Rondon**, v. 16, n. 4, p. 449-453, 2017.

FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; LINO, I.B.M.; BRECHT, J.; CHAU, K.V. Modelling O₂ and CO₂ exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging. **Journal of Food Engineering**, Kidlington, v.43, p.9-15, 2000.

FREITAS, L. B. História evolutiva das espécies de Passiflora L. de ocorrência no Rio Grande do Sul: aspectos genéticos, estrutura populacional e filogenia molecular. **Revista Brasileira de Bioc** v. 9, n.1, 2011.

GANGA, R.M.D. et al. Diversidade genética em maracujazeiro amarelo utilizando marcadores moleculares AFLP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.494-498, 2004.

GRAY, J.; PICTON, S.; Shabeer, J.; Schuch, W.; Grierson, D. Molecular biology of fruit ripening and its manipulation with antisense genes. **Plant Molecular Biology**, v. 19, n. 1, p 69-87, 1992.

GRIERSON, d. Manipulation of fruit ripening by genetic modification. **Transgenic Plant Research**, Durham, p. 109-124, 1998.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados demográficos e produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2017. 387p.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS 1994. Maracujá: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. Campinas: ITAL.

KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Davis, Califórnia, 29p., 1989.

KLUGE, R. A., NACHTIGAL, J. C., FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. (2002) Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado. Campinas-SP: **Livraria e Editora Rural Ltda.** ed. 2. p. 214, 2002.

LANA, M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada**; Aplicação na conservação de produtos hortícolas. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. p.34, 2000.

LIMA, H.C. de; CHAGAS, G. S. DAS; OLIVEIRA, L. T.; COSTA, A. M.; CELESTINO, S. M. C.; COHEM, K. de O.; TERÁN-ORTIZ, G.P; MALAQUIAS, J.V.; FARIA,D.A. **Indicadores de maturação para definição de ponto de colheita do maracujá selvagem (*passiflora tenuifila*)** cultivado na região de cerrado. 2010.

MELETTI, L. M. M.; BERNACCI, L. C.; SOARES-SCOTT, M. D.; AZEVEDO FILHO, J. A. DE; MARTINS, A. L. M. Variabilidade Genética em Caracteres Morfológicos, Agronômicos e Citogenéticos de Populações de Maracujazeiro-Doce (*Passiflora alata* Curtis). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 25, n. 2, p. 275-278, agosto 2003.

MELETTI, L.M.M.; BRÜCKNER, C.H. Melhoramento Genético. In: BRÜCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C. **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2001. p. 345-385.

MELETTI, L. M. M.; MAIA. M. L. **Maracujá: produção e comercialização**. Campinas: Instituto Agrônômico. p .64, 1999.

MELETTI, L. M. M. **Ciclo de palestras técnicas sobre o maracujazeiro**. Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 1994.

MOTA, W. F.; SALOMÃO, L. C. C.; CECON, P.R.; FINGER, F.L. Ceras e Embalagem Plástica na Conservação Pós-Colheita do Maracujá Amarelo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.1, p.51 - 57, 2003.

NASCIMENTO, T. B. (1996). **Qualidade do maracujá amarelo produzido em diferentes épocas no sul de Minas Gerais**. Lavras. MG. 56p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Lavras. 1996.

PEREIRA, W. S.P.; BELTRAN, A. Mecanismo de ação e uso do 1-MCP – bloqueador de etileno, visando prolongar a vida útil das frutas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). Manejo integrado: fruteiras tropicais – doenças e pragas. Viçosa: **Universidade Federal de Viçosa**, p. 31-44, 2002.

PEPELLENBOS, H.W.; TIJSKENS, L.M.M.; LEVEN, J.V.; WILKINSON, E.C. Modelling oxidative and fermentative carbon dioxide production of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, p.283-295, 1996.

PIMENTEL, L. D.; Santos, C. E. M.; Ferreira, A. C. C.; Martins, A. A.; Wagner Júnior, A.; Bruckner, C. H. Custo de produção e rentabilidade do maracujazeiro no mercado agroindustrial da Zona da Mata Mineira. **Brasileira de Fruticultura**, v.31, p.397-407, 2009.

RINALDI, M. M.; COSTA, A. M.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Conservação pós-colheita de frutos de *Passiflora setacea* DC. submetidos a diferentes sanitizantes e temperaturas de armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 20, p. 1-12, 2017. e2016046. doi: 10.1590/1981-6723.4616

RIZZI, L. C.; RABELLO, L. R.; MOROZINI FILHO, W.; SAVAZAKI, E.T.; KAVATI, R. **Cultura do maracujá azedo**. Campinas, CATI, 1998. 54p. 1998.

RIZZI, L.C.; RABELLO, L. A.; MOROZINI FILHO, W.; SAVASAKI, E.T.; KAVATI, R. **Cultura do maracujá-azedo**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, SAA, 1998. 23 p. (Boletim Técnico, 235).

RUGGIERO, C.; SÃO JOSÉ, A. R.; VOLPE, C. A.; OLIVEIRA, J. C.; DURIGAN, J.F., BAUNGARTNER, J. G.; SILVA, J.R.; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M. E.; KAVATI, R., PEREIRA, V. P. (1996) **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 64p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 19).

RUGGIERO C 1987. **Cultura do maracujazeiro**. Ribeirão Preto: Legis Summa.

SALOMÃO, L. C. C.; VIEIRA, G.; Mota, W. F. **Tecnologia de Colheita e Póscolheita**. In: Bruckner. C. H.; Picanço. M. C.; Maracujá: **tecnologia de produção. pós-colheita**. Agroindústria. Mercado. Porto Alegre: Cinco continentes. 283-304, 2002.

SAMPAIO, A. C.; Fumis, T. de F.; Almeida, A. M. de; Pinotti, R. N.; Garcia, M. J. de M.; Pallamin, M. L. Manejo cultural do maracujazeiro-amarelo em ciclo anual visando à convivência com o vírus do endurecimento dos frutos: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.343-347, 2008.

SILVA, C.B.M.C.; SILVA, C.B.C.; NONATO, J.V.; CORRÊA, R.X.; OLIVEIRA, A.C. Genetic dissimilarity of “yellow” and “sleep” passion fruit accessions based on the fruits physical-chemical characteristics. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v.3, n.9, p.210-218, 2009.

SILVA, A.P.; VIEITES, R.L.; CEREDA, E. Conservação de maracujá doce pelo uso de cera e choque a frio. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, 1999.

Taiz, L. & Zeiger, E.2006. **Plant Physiology**. Sinauer Associates, Inc, Publishers. p. 705, 2006.

THEOLOGIS et al., 1992; BOUZAYEN ET AL., 1997; ZIMMER, 1998.

VERAS, M. C. M.; PINTO, A. C. Q.; MENESES, J. B. Influência da época de produção e dos estádios de maturação nos maracujás doce e ácido nas condições de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v.35. n. 5. p. 959-966, 2000.

VIANNA-SILVA, T.; RESENDE, E. D.; PEREIRA, S. M. DE F.; VIANA, A. P.; ROSA, R. C. C.; CARLOS, L. DE A.; VITORAZI, L. Influência dos estádios de maturação

sobre as características físicas dos frutos de maracujá-amarelo. **Bragantia**. São Paulo, v. 67, n.2, p. 521-525. 2008.

VIANNA-SILVA, T. Desenvolvimento do maracujá amarelo: atributos de qualidade na maturação. II Simpósio Brasileiro de Pós-colheita de Frutas, Hortaliças e Flores. Viçosa: UFV. **Anais**, n. 2. 382p. 2007.

WATADA, A.E.; HERNER; R.C., KADER, A.A.; ROMANI, R.J.; STABY, G.L. Terminology for description of developmental stages of horticultural crops. **Horticultural Science**, v. 19, n. 1, p. 20-21, 1984.

WINKLER ET AL., **produção de etileno e atividade da enzima accoxidase em frutos de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg)**. 2002.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 35, p.155-189, 1984.

ZIMMER, P. D. **Caracterização parcial da ACC (Ácido 1-carboxílico 1-Aminociclopropano) oxidase em frutos climatéricos**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, p. 41, 1998.