



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**PROCESSOS NÃO-TÉRMICOS PARA A OBTENÇÃO DE SUCO NATURAL DE
MARACUJÁ CONCENTRADO**

Felipe da Silva Cascaes

Florianópolis
2021

FELIPE DA SILVA CASCAES

**PROCESSOS NÃO-TÉRMICOS PARA A OBTENÇÃO DE SUCO NATURAL DE
MARACUJÁ CONCENTRADO**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia Química e de Engenharia de Alimentos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.
Orientador: Prof. Alan Ambrosi.
Coorientadora: Dra. Giordana Demaman Arend.

Cascaes, Felipe da Silva

Processos não-térmicos para a obtenção de suco de maracujá concentrado / Felipe da Silva Cascaes; orientador, Alan Ambrosi, coorientadora, Giordana Demaman Arend, 2021.

45 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) –
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2021.

Inclui referências.

1. Engenharia de Alimentos. 2. nanofiltração. 3. liofilização. 4. suco de maracujá. I. Ambrosi, Alan. II. Arend, Giordana Demaman. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de Alimentos. IV. Processos não-térmicos para a obtenção de suco de maracujá concentrado.

Felipe da Silva Cascaes

Processos não-térmicos para a obtenção de suco de maracujá concentrado

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia de Alimentos” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia de Alimentos.

Florianópolis, 27 de setembro de 2021.

Prof. João Borges Laurindo, Dr.
Coordenador de Engenharia de Alimentos

Banca Examinadora:

Prof. Alan Ambrosi, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Giordana Demaman Arend, Dra.
Coorientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Profª. Silvani Verruck, Dra.
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Mariane Carolina Proner, MSc.
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus por ter me mantido no caminho certo durante toda a graduação com saúde e vontade de chegar até o final.

Sou grato à minha família pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida, em especial à minha mãe, Zelda, pela vida e por ter sempre feito de tudo para me dar a melhor condição de vida que fosse possível. Te amo mãe.

Ao meu orientador pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

À minha coorientadora, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube e pelas suas correções e sugestões ao longo do projeto.

Por último, quero agradecer também à UFSC e todo o seu corpo docente.

“Os nossos conhecimentos são a reunião do raciocínio e experiência de numerosas mentes.”

(Ralph Waldo Emerson)

RESUMO

O maracujá (*Passiflora edulis* sp.) é um fruto rico em compostos bioativos e apresenta diversas propriedades benéficas à saúde. O Brasil é líder mundial na produção da fruta e consumo de preparados, principalmente sob a forma de suco. No entanto, os sucos prontos para consumo ou de fácil preparo apresentam alto teor de açúcares adicionados e calorias, além de apresentarem baixa quantidade de compostos bioativos. A partir disso, o objetivo deste trabalho foi produzir um suco de fácil preparo de maracujá concentrado por processos não térmicos através de nanofiltração seguido de liofilização parcial, avaliando a concentração e preservação de compostos bioativos pelos métodos. A efetividade dos processos em preservar os compostos bioativos foi avaliada através dos teores de compostos fenólicos totais (CFT) e de atividade antioxidante (AA). O processo de nanofiltração foi realizado para concentrar inicialmente o máximo possível do suco de maracujá *in natura*, atingindo um fator de redução volumétrico (FRV) de 3,8 e uma remoção de 73% do conteúdo de água. A maior resistência que limitou o processo de filtração foi a resistência por polarização à concentração, representando 95% do total. Como etapa complementar utilizou-se a liofilização parcial, onde se alimentou um volume de 250 mL do concentrado obtido na nanofiltração e após o processo restaram 60 mL, apresentando um FRV de 4,2 e uma remoção de água de 76%. A combinação dos dois processos não-térmicos de concentração obteve um alto poder de remoção de água, resultando em um FRV final de 15 e removendo até 93% da água contida no suco *in natura*. Os resultados mostraram um aumento de 1,7 vezes dos compostos fenólicos totais após a nanofiltração e de 4,2 vezes após a liofilização. Quanto à atividade antioxidante, medida por dois métodos, ABTS e DPPH, resultou em um aumento de, respectivamente, 3,1 e 1,1 vezes na nanofiltração e de 11,3 e 2,2 após a liofilização. O trabalho mostrou a capacidade dos processos não-térmicos em produzir sucos concentrados e ainda de preservar uma boa parte dos compostos bioativos termolábeis, sendo uma alternativa para a produção de bebidas de fácil preparo e com propriedades benéficas à saúde.

Palavras-chave: suco de maracujá, nanofiltração, liofilização, concentração, compostos fenólicos, atividade antioxidante.

ABSTRACT

Passion fruit (*Passiflora edulis* sp.) is a fruit rich in bioactive compounds and has several beneficial properties for health. Brazil is the world leader in the production of fruit and consumption of preparations, mainly in the form of juice. However, ready-to-eat or easy-to-prepare juices have a high content of added sugars and calories, in addition to low amounts of bioactive compounds. From this, the objective of this work was to produce an easy to prepare passion fruit juice concentrated by non-thermal processes through nanofiltration followed by partial freeze drying, evaluating the concentration and preservation of bioactive compounds by the methods. The effectiveness of the processes in preserving the bioactive compounds was evaluated through the levels of total phenolic compounds (CFT) and antioxidant activity (AA). The nanofiltration process was carried out to initially concentrate as much of the fresh passion fruit juice as possible, reaching a volumetric reduction factor (FRV) of 3.8 and a removal of 73% of the water content. The greatest resistance that limited the filtration process was the concentration polarization resistance, representing 95% of the total. As a complementary step, partial freeze drying was used, where a volume of 250 mL of the concentrate obtained in the nanofiltration was fed and after the process, 60 mL remained, presenting a FRV of 4.2 and a water removal of 76%. The combination of the two non-thermal concentration processes achieved a high water removal power, resulting in a final FRV of 15 and removing up to 93% of the water contained in the fresh juice. The results showed a 1.7-fold increase in total phenolic compounds after nanofiltration and 4.2-fold after freeze drying. As for the antioxidant activity, measured by two methods, ABTS and DPPH, it resulted in an increase of, respectively, 3.1 and 1.1 times in nanofiltration and of 11.3 and 2.2 after freeze drying. The work showed the capacity of non-thermal processes to produce concentrated juices and also to preserve a good part of the thermolabile bioactive compounds, being an alternative for the production of beverages that are easy to prepare and with beneficial properties to health.

Keywords: passionfruit juice. nanofiltration. freeze-drying. concentration. phenolic compounds. antioxidant activity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Produção brasileira de maracujá por região	17
Figura 2. Evolução do consumo aparente per capita anual de sucos, néctares e refrescos (exceto refrescos em pó) prontos para beber, 2010-2018. Litros/Habitante/Ano.....	19
Figura 3. Tipos de membranas em função das espécies retidas. Sendo as espécies, de cima para baixo: partículas, macromoléculas, açúcares, sais e água. .	23
Figura 4. Porcentagem da influência da resistência da membrana, resistência ao Fouling e resistência pela polarização. Valores de resistência em m^{-1}	30
Figura 5. demonstração da redução de volume dos processos de nanofiltração e liofilização.	32
Figura 6. Teores de compostos fenólicos totais contidos nas diferentes frações do processo de concentração do suco de maracujá.	32
Figura 7. Níveis de atividade antioxidante medidos pelos métodos ABTS e DPPH nas diferentes frações do processo de concentração do suco de maracujá. .	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação do FRV e dos fatores de concentração dos compostos. 33

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AA	Atividade antioxidante
ABTS	2,2'-Azino-bis(ácido 3-etilbenzoatiazolina-6-sulfônico)
CFT	Compostos fenólicos totais
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazila
FRV	Fator de redução volumétrico
J _F	Fluxo permeado final
J _W	Fluxo água inicial
J _{WF}	Fluxo água final
NF	Nanofiltração
OI	Osmose inversa
P	Pressão transmembrana
UF	Ultrafiltração
μP	Viscosidade do permeado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral.....	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Sucos de Frutas no Brasil	15
3.2	Maracujá.....	16
3.3	Tendências no Consumo de Sucos.....	18
3.4	Preocupação com o Corpo e Saúde.....	19
3.5	Processo de Filtração por Membranas.....	21
3.6	Processo de Liofilização	24
4	MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1	Preparo das Amostras.....	27
4.2	Concentração por Nanofiltração	27
4.3	Concentração por Liofilização	28
4.4	Compostos Fenólicos Totais (CFT)	29
4.5	Atividade Antioxidante	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1	Concentração por Nanofiltração do Suco de Maracujá	30
5.2	Concentração por Liofilização do Suco de Maracujá Concentrado	31
5.3	Características do Suco Concentrado por Nanofiltração e Liofilização	31
6	CONCLUSÃO	35
7	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A vida corrida dos dias atuais nos leva a optar por opções mais rápidas e práticas, como, por exemplo, sucos prontos ou de rápida diluição. Porém, normalmente os produtos de fácil consumo encontrados no mercado são, em geral, ricos em açúcares, sódio e aditivos químicos (RABELO, 2014). Os sucos naturais frescos, por outro lado, apresentam maior valor de compostos bioativos, mas demandam um certo trabalho para prepará-los ou condições refrigeradas de armazenamento, o que dificulta o seu consumo.

Um copo de suco pode conter várias unidades de frutas e contém todas as suas vitaminas e minerais. Nutritivos, saudáveis, funcionais e saborosos, os sucos naturais prontos conquistam cada vez mais os consumidores pela praticidade e na escolha por uma alimentação cada vez mais saudável e equilibrada (COSTA, 2019).

Entretanto, um dos problemas encontrados nos sucos industrializados é o alto valor calórico, devido ao teor de carboidratos presentes na própria fruta somado com os açúcares que ainda são adicionados nas formulações. A crescente preocupação com a estética e com a própria saúde faz com que muitos consumidores passem a ter um olhar mais crítico quanto à composição e o valor nutricional dos alimentos antes de comprarem (MACHADO, 2008).

O processo de concentração de sucos, realizado tradicionalmente a temperaturas elevadas, promove prejuízo da qualidade sensorial e nutricional do produto, visto que estas características são conferidas por compostos voláteis e por vitaminas, as quais são sensíveis ao calor (Embrapa, 2011).

Desta forma, se torna interessante a busca por alternativas de produção de sucos utilizando processos não-térmicos. Os processos de separação com membranas são utilizados para este fim, permitindo que o produto final apresente propriedades organolépticas melhores pela preservação do sabor e aroma, maiores quantidades de compostos bioativos e vitaminas. Além disso, resulta em um suco límpido e cristalino, livre de turbidez e sedimentos, além da redução de custos pela eliminação de aditivos de filtração e dos agentes clarificantes, bem como a utilização de enzimas em menores quantidades (JULIANO, 2000).

Além dos processos com membranas, a concentração por liofilização também não envolve altas temperaturas e é utilizada para a concentração de sucos. A liofilização é um processo de separação baseado no fenômeno de sublimação. Consiste basicamente em duas etapas: (a) congelamento rápido do produto e (b) sublimação do gelo sob vácuo. Devido à ausência de água líquida e as baixas temperaturas requeridas para este processo, a maioria das reações de deterioração e microbiológicas são prevenidas, tornando o produto final de excelente qualidade (KOROISHI, 2005).

Deste modo, o trabalho propõe desenvolver um suco concentrado de maracujá-amarelo, utilizando os processos de filtração por membranas e de liofilização parcial visando um produto final com alto teor de compostos bioativos, uma vez que se utilizam processos que podem conservar melhor os compostos termossensíveis e vitaminas presentes na fruta.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um suco concentrado da polpa de maracujá utilizando-se processos de nanofiltração e liofilização parcial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar o uso de processos com membranas na produção do concentrado de maracujá.
2. Avaliar a desidratação parcial do concentrado de maracujá, utilizando o processo de liofilização.
3. Avaliar o teor de compostos fenólicos e a atividade antioxidante das amostras *in natura* e concentradas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 SUCOS DE FRUTAS NO BRASIL

O mercado brasileiro de sucos prontos para beber está em franca expansão, acompanhando a tendência mundial de consumo de bebidas saudáveis, convenientes e saborosas. Sucos de fruta de rápido preparo são considerados bebidas refrescantes, capazes de saciar a sede, enquanto respondem ao apelo por produtos naturais e agregam vantagens nutricionais, o que contribui para sua grande aceitação (FERRAREZI, 2008; FERREIRA e ALCÂNTARA, 2013).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerante e Bebidas não Alcoólicas (ABIR) o consumo per capita de sucos no Brasil ainda é pequeno – em 2014, foi de 3,3 litros por habitante por ano, por isso, há espaço tanto para os grandes quanto para os pequenos fabricantes. Segundo o consultor e presidente da Concept - Consultoria especializada em bebidas e alimentação no Brasil, há oportunidade de consolidação nos nichos, com preço médio mais elevado, que não depende tanto de uma grande estrutura de distribuição, por isso, “o futuro dos fabricantes de sucos no Brasil pode ser mais doce” (EXAME, 2016).

Pela legislação podem ser denominados “sucos” as bebidas não fermentadas, não concentradas e não diluídas, destinadas ao consumo, obtidas de frutas sadias e maduras, ou de vegetais. Também podem ser reconstituídos pela diluição de suco concentrado ou desidratado, porém de modo a manter a concentração original do suco integral ou ao teor mínimo de sólidos solúveis estabelecido nos respectivos padrões de identidade e qualidade para cada tipo de suco integral, sendo obrigatório constar na sua rotulagem a origem do suco utilizado para sua elaboração, se concentrado ou desidratado (REGO et al., 2020).

Os sucos tropicais, puros ou mistos, são bebidas obtidas pela dissolução, em água potável, da polpa de uma ou mais frutas polposas de origem tropical, não fermentado, de cor, aroma e sabor característicos da fruta. São denominadas frutas polposas de origem tropical: abacate, abacaxi, acerola, ata, abricó, açaí, abiu, banana, bacuri, cacau, caju, cajá, carambola, cupuaçu, goiaba, graviola, jenipapo, jabuticaba,

jaca, jambo, mamão, mangaba, manga, maracujá, melão, murici, pinha, pitanga, pupunha, sapoti, seriguela, tamarindo, taperebá, tucumã e umbu (REGO et al., 2020).

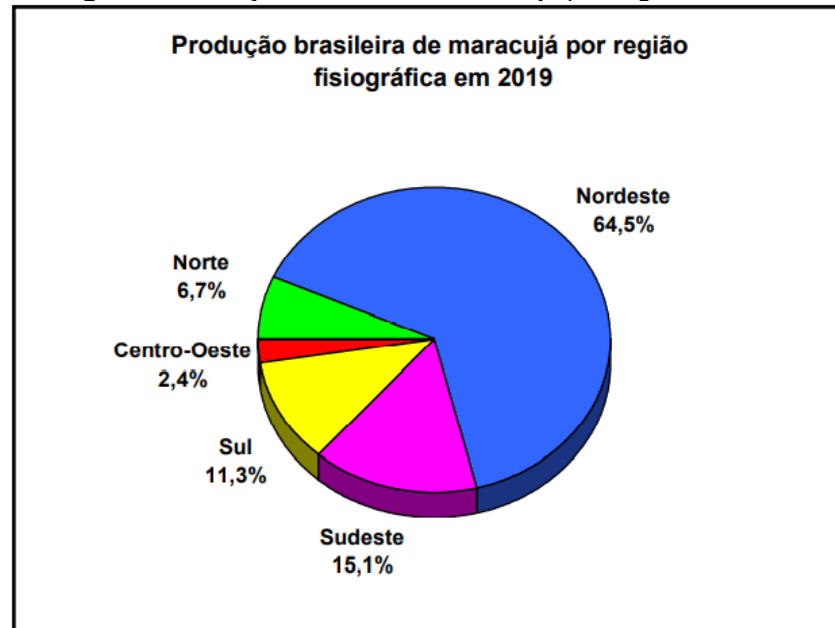
São denominadas de néctares, as bebidas de uma ou mais frutas e vegetais, não fermentadas, obtidas da diluição em água potável da parte comestível do vegetal adicionado de açúcares ou de extratos vegetais e açúcares, podendo ser adicionada de ácidos. Conforme o tipo de fruta, variam as quantidades mínimas de sucos determinadas pela legislação (REGO et al., 2020).

Os refrescos, ou bebidas de fruta ou de vegetal, são bebidas não fermentadas, obtidas pela diluição, em água potável, do suco de fruta, polpa ou extrato vegetal de sua origem, com ou sem adição de açúcares (REGO et al., 2020). Por fim, as bebidas denominadas de alimentos líquidos correspondem a uma variedade de produtos que combinam frutas, sementes, grãos, hortaliças e outros vegetais, seguindo legislação específica da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Resolução RDC nº 273, de 22 de setembro de 2005, para a categoria de alimentos prontos para o consumo. Estas bebidas não possuem padrões de identidade e qualidade (REGO et al., 2020).

3.2 MARACUJÁ

O maracujá é originário da América tropical e dos países do norte da África, com cerca de 500 espécies, das quais, mais de 150 são nativas do Brasil. O maracujá-amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) é a espécie mais cultivada em todo o mundo e representa cerca de 97% das áreas plantadas no Brasil, que se coloca como o principal produtor e consumidor da fruta fresca e processada (BHAT; PALIYATH, 2016; DHAWAN et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2016; WIJERATNAM, 2016).

O Brasil, com produção de 593.429 toneladas e rendimento médio de 14 t·ha⁻¹ é referência na produção de maracujá, destacando-se a região nordeste com 64% do total nacional e quantidade produzida de 382.739 toneladas. O estado da Bahia lidera o ranking com 168.457 toneladas de frutos produzidos, favorecido pelas condições de solo e clima observado nesta região. O gráfico de produção de maracujá por regiões do Brasil pode ser visto na Figura 1 (IBGE, 2019).

Figura 1. Produção brasileira de maracujá por região

Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal, 2019.

Os frutos do maracujazeiro-amarelo para consumo *in natura* são selecionados visando atender às exigências de qualidade dos diferentes segmentos de consumidores, nas características internas quanto ao sabor (teor de açúcares e acidez) e conteúdo de suco (rendimento); e externas no que se refere à aparência, característica associada aos parâmetros de padronização da fruta, a qual é geralmente usada como critério pelos consumidores para avaliar a qualidade dos frutos (ABREU et al., 2009; ROCHA et al., 2013).

O maracujá é rico em compostos fenólicos, que estão enquadrados na categoria dos compostos bioativos (SANDI et al., 2003). É um fruto que se desenvolve em regiões tropicais de grande potencial econômico e nutricional. Calcula-se que 60% do cultivo de maracujá no país seja destinado ao consumo *in natura*, o restante destina-se às indústrias de processamento. Representa assim uma boa opção dentre as frutas, oferecendo um retorno econômico mais rápido, além de seu sabor e aroma agradáveis e a grande capacidade de aproveitamento industrial que viabiliza a elaboração de vários produtos (BARRALES, 2015; SANTOS, 2015; MAIA, 2018).

A demanda por este fruto torna-se cada vez maior devido ao seu valor nutricional, o qual possui alto conteúdo de vitaminas, sais minerais como sódio, cálcio, ferro e fósforo, também compostos fenólicos e carotenoides que colaboram para o

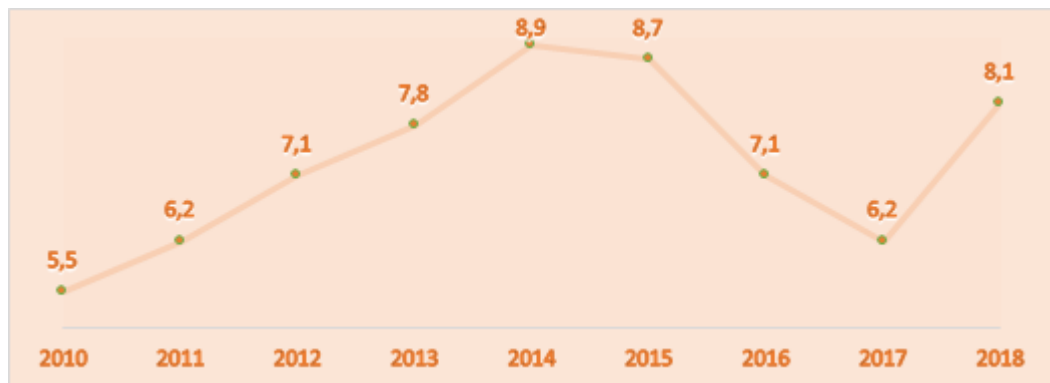
amarelo, típico deste fruto, além de possuir grande capacidade antioxidante, características que destacam este fruto no campo dos alimentos funcionais (PERTUZATTI, 2015; CLARO; RODRIGUES; TEIXEIRA, 2018).

3.3 TENDÊNCIAS NO CONSUMO DE SUCOS

Com a industrialização e avanços na tecnologia de alimentos e embalagens, os sucos de rápido preparo ganharam a preferência de muitos consumidores, principalmente por sua praticidade, identificada como um dos fatores mais importantes para a compra na atualidade (SANTOS et al., 2018; CARMO et al., 2014). De fato, a conveniência e a praticidade foram identificadas no estudo Brasil Food Trends (2010) como uma macrotendência geral do setor de alimentação. O estudo Brasil Beverage Trends 2020 (2016), específico sobre o consumo de sucos, também destacou, em uma de suas macrotendências, a conveniência como parte do estilo de vida contemporâneo que prioriza alimentação saudável, mas com economia de tempo e esforço.

Dados da Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes (ABIR) (Figura 2) indicam o crescimento do consumo *per capita* de sucos, néctares e refrescos no período de 2010 a 2018. A quantidade consumida anualmente no Brasil é bastante inferior às verificadas em outros países como a Alemanha e os Estados Unidos, com mais de 20 litros·per capita⁻¹, e o Canadá com consumo acima de 30 litros (SANTOS et al., 2018; CARMO et al., 2014).

Figura 2. Evolução do consumo aparente per capita anual de sucos, néctares e refrescos (exceto refrescos em pó) prontos para beber, 2010-2018. Litros/Habitante/Ano.



Fonte: Autor.

A demanda por conveniência estimula o mercado de bebidas a facilitarem o consumo, permitindo o aumento da ingestão de frutas e vegetais no dia a dia de forma prática. Os sucos têm se demonstrado um produto versátil para atender às necessidades em diferentes ocasiões de consumo, bem como para incrementar o valor nutritivo do café da manhã e de lanches para adultos e crianças.

De modo geral, o sabor é um fator básico na escolha da bebida para consumo. Entre os sabores preferidos pela população brasileira são destacados a uva, laranja, manga, pêsego, maracujá e goiaba. Em vários países, inclusive no Brasil, as características “saboroso”, “saudável” e “natural” são as mais valorizadas no suco integral (SANTOS et al., 2018; CARMO et al., 2014).

3.4 PREOCUPAÇÃO COM O CORPO E SAÚDE

O Brasil é um dos países com maior número de casos de sobrepeso e obesidade e, conseqüentemente, de doenças crônicas não transmissíveis como hipertensão e doenças cardiovasculares. Tais patologias são a principal causa de morte no mundo nos últimos anos, o que poderia ser revertido, dependendo do caso, com hábitos de vida e alimentação mais saudável (BARROSO et al., 2017).

A preocupação com a saúde tem se tornado cada dia mais evidente pelo comportamento da população. A busca pela qualidade de vida se estende aos cuidados com a alimentação, caracterizado por uma crescente demanda por produtos saudáveis e com características nutricionais e sensoriais próximas dos alimentos *in*

natura. Dessa forma, a indústria alimentícia está mais atenta aos desejos do consumidor e investe na formulação de novos produtos, concentrando o marketing no apelo à vida saudável (WANSINK, 2004; MACHADO, 2013).

O termo açúcar de adição refere-se a todo mono ou dissacarídeo acrescentado aos alimentos ou bebidas durante suas preparações (STEYN et al., 2012). Refrigerantes, sucos, biscoitos e doces são as principais fontes de açúcar simples da dieta ocidental (SONESTEDT et al. 2012; CHUN et al. 2010). Atualmente, o consumo de açúcar de adição tem crescido a proporções elevadas em diversas populações (STEYN et al., 2012; SONESTEDT et al. 2012). Evidências científicas mostram que o consumo excessivo de açúcares, especialmente a sacarose, pode comprometer a qualidade da dieta impactando negativamente na saúde e na situação nutricional das populações de países desenvolvidos e em desenvolvimento (U.S. Department of Health and Human Services, 2010).

Diversos estudos demonstram a associação entre o consumo excessivo de açúcar simples e o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis como o Diabetes mellitus tipo 2, a obesidade, as dislipidemias e as doenças cardiovasculares (STEYN et al., 2012; SONESTEDT et al. 2012; CHUN et al. 2010). Acredita-se que o consumo desses alimentos, devido ao seu alto teor de frutose e elevadas cargas glicêmicas, aumente o risco de doenças por conduzir ao ganho ponderal, aumentar a resistência insulínica e favorecer a síntese de ácidos graxos e os processos inflamatórios (HU, 2010; STANHOPE, 2008; LUSTIG, 2010).

Apesar de não haver consenso sobre o impacto do consumo isolado do açúcar sobre a obesidade ou outras condições de saúde, (RUXTON et al., 2010) seu aumento fez com que as recomendações no Brasil e nos Estados Unidos (*United States Department of Agriculture*; 2010) aconselham o público a escolher bebidas e alimentos que diminuam o consumo de açúcar de adição. A Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2003, sugeriu que a adição de açúcares deveria fornecer não mais do que 10% da energia da dieta (*World Health Organization*; 2003). Essa recomendação consta no guia alimentar brasileiro elaborado e divulgado pelo Ministério da Saúde (Ministério da Saúde; 2006).

3.5 PROCESSO DE FILTRAÇÃO POR MEMBRANAS

A tecnologia de membranas oferece grande vantagem em relação aos processos térmicos. Em geral, a separação ocorre em temperatura ambiente e sem mudança de fase e tem sido avaliada como alternativa para reduzir as perdas sensoriais, funcionais e nutricionais que podem ocorrer nos processos comumente utilizados para conservação, clarificação e concentração de sucos de frutas (SÁ, CABRAL e MATTA, 2003; MONTEIRO, 2011; FERREIRA, 2011).

Uma membrana é uma barreira permeável ou semipermeável, frequentemente, um fino polímero sólido que restringe o movimento de certas espécies. Essa barreira entre a corrente de alimentação e a corrente de produto, assim como em todas as separações, gera um produto diminuído de certos componentes e uma segunda corrente concentrada em outros componentes (Scott; Hughes, 1996).

Os processos de separação por membranas (PSM) constituem uma série de técnicas baseadas na separação dos componentes de uma mistura pela rejeição daqueles que não possuem tamanho para atravessar os poros da membrana, ou pela afinidade dos compostos pelo material da membrana.

O transporte das espécies através da membrana surge como uma situação de desequilíbrio, e a migração dos componentes ocorre da fase de maior potencial para a fase de menor potencial. Essa diferença surge como o resultado da diferença de pressão (ΔP), concentração (ΔC), temperatura (ΔT) ou potencial elétrico (ΔE). A separação é possível devido à capacidade da membrana de transportar um componente da mistura na alimentação mais rapidamente que o(s) outro(s) componente(s) (Mulder, 1991).

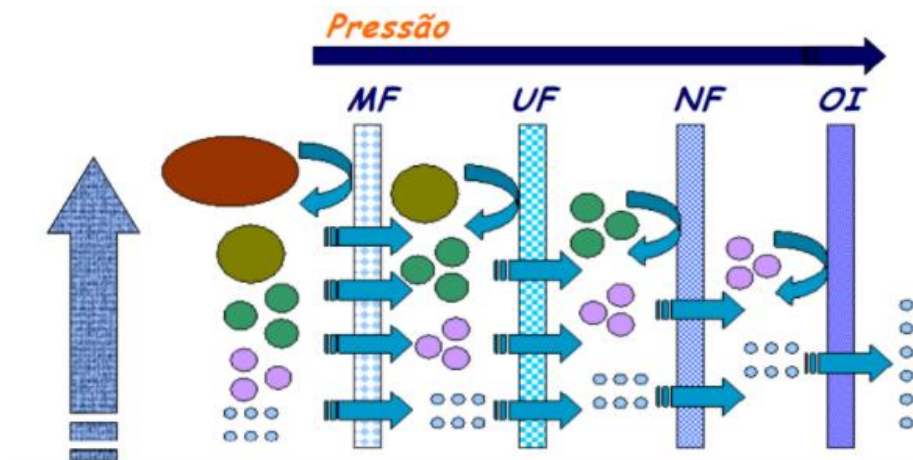
Os processos de separação por membranas cuja força motriz é o gradiente de pressão têm uma forte analogia com a filtração convencional, em que a retenção por tamanho é o princípio básico de fracionamento das diferentes espécies químicas presentes. A microfiltração (MF), ultrafiltração (UF), nanofiltração (NF) e osmose inversa (OI) são exemplos de processos que utilizam o gradiente de pressão como força motriz (Mulder, 1991).

A microfiltração, mais especificamente, vem sendo aplicada na clarificação e redução da carga microbiana de sucos de frutas e bebidas (CARNEIRO et al., 2000;

MATTA, CABRAL e SILVA, 2004). A ultrafiltração, além da clarificação de sucos de frutas, tem sido empregada na redução da atividade enzimática em sucos e água de coco (MERÇON et al., 2003; MAGALHÃES et al., 2005).

Dentre os diferentes processos de filtração por membranas, destaca-se a nanofiltração, a qual proporciona separações altamente específicas de componentes com baixa massa molar, tais como açúcares de minerais dissolvidos e sais (GEA, 2006). O processo de nanofiltração surgiu da necessidade de separar materiais entre o limite superior de separação do processo de osmose inversa (OI) e o limite inferior ao do processo de ultrafiltração (UF), ou seja, como as membranas de OI rejeitam solutos maiores que 300 g.mol^{-1} e as de UF permeiam solutos com massa molar abaixo de 5000 g.mol^{-1} , foi necessária a introdução deste processo para selecionar solutos nesta faixa (Figura 3). Geralmente, considera-se que as membranas de NF apresentam poros com tamanho entre $0,001\text{-}0,005 \text{ }\mu\text{m}$, rejeitam somente substâncias com massa molar acima de 200 g.mol^{-1} , e a pressão de operação necessária está entre 5 e 20 bar (COMB, 1991).

Figura 3. Tipos de membranas em função das espécies retidas. Sendo as espécies, de cima para baixo: partículas, macromoléculas, açúcares, sais e água.



Fonte: LOPES, 1999.

A indústria de alimentos foi uma das primeiras a introduzir a filtração por membranas em seus processos comerciais, visto que processos por membranas são potencialmente não destrutivos, energeticamente eficientes (sem mudança de fase), e muitas vezes mais baratos que os processamentos convencionais. Além disso, a tecnologia de nanofiltração pode ser aplicada para separar materiais anfotéricos (aminoácidos, proteínas, etc.), visto que a maioria das membranas NF comerciais mostraram desempenho de rejeição diverso para solutos a diferentes valores de pH (WANG et al., 2009).

Warczok et al. (2004) investigaram a concentração de sucos de frutas por nanofiltração a baixas pressões. Foram concentrados sucos de pera e maçã em pressões de 8 a 12 bar e temperaturas de 25 a 35 °C. Foram testadas duas membranas tubulares e duas membranas planas. Em ambas as membranas a retenção e o fluxo permeado foram mais elevados no suco de maçã. A maior retenção de sólidos solúveis para ambos os sucos foi apresentada pela membrana tubular MPT-34 (poros de $4,36 \pm 0,04$ nm), alcançando uma retenção de 92% para suco de maçã.

Arend et al. (2016) avaliaram a concentração de antocianinas no suco de morango utilizando a separação por membranas através de microfiltração seguida de nanofiltração. O processo de microfiltração apresentou um fluxo médio de $3,60 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$, enquanto que no processo de nanofiltração o fluxo médio foi de $1,60 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$. A maior resistência visualizada no processamento durante a microfiltração foi o

Fouling, enquanto que para a nanofiltração predominou a polarização por concentração. Não foram detectadas antocianinas no permeado da nanofiltração e o índice de retenção dessa membrana foi próximo a 100%, evidenciando a eficiência do processo de nanofiltração para a obtenção de um produto com alto valor funcional.

3.6 PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO

Segundo Gava (2009), a liofilização é o processo de desidratação de produtos em condições de pressão e temperatura tais que a água, previamente congelada, passa do estado sólido diretamente para o estado gasoso (sublimação). Devido à ausência de água líquida e a baixa temperatura requerida para o processo, a maior parte da deterioração e as reações microbiológicas são cessadas, garantindo alimentos seguros e nutritivos aos consumidores (BORCHANI et al., 2011; VIEIRA et al., 2012). Comparando o processo de liofilização com os processos tradicionais de secagem, os quais envolvem altas temperaturas, verifica-se que a liofilização apresenta vantagens como: menor contração do produto; maior solubilidade devido à estrutura esponjosa deixada pela saída de água; evita decomposição pelo calor; reduz a perda de voláteis sem afetar a qualidade do produto; reduz as ações enzimáticas dos microrganismos; evita a desnaturação de proteínas e mantém a morfologia inicial do material (ORREGO-ALZATE, 2008).

Cada vez mais as indústrias alimentícias vêm se adequando à crescente exigência do consumidor moderno. Nesta linha de pensamento, os produtos naturais desidratados por liofilização estão atualmente ocupando o mais alto patamar de qualidade e praticidade nos meios industriais, substituindo com vantagens, tanto os produtos *in natura* como os sintéticos (EBLSA, 2016).

Uma das principais desvantagens da liofilização é o custo elevado quando comparado aos produtos secos por outras técnicas mais acessíveis, dessa forma é necessário pesquisas que minimizem os custos operacionais, ofertando produtos a um preço competitivo (VIEIRA et al., 2012).

Oliveira et al. (2017) estudou a obtenção de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata*) em pó para fins alimentícios, utilizando o processo de liofilização. Para obtenção do pó de maracujá do mato foram liofilizadas sete formulações de maracujá

do mato e maltodextrina em 7 diferentes concentrações e em 4 diferentes temperaturas de congelamento. Foi realizada a reidratação de cada um dos pós obtidos como um néctar pronto para o consumo, nas proporções de 1:0,04 (água potável: pó de maracujá do mato) com adição de 10% de sacarose, onde estes néctares formulados foram submetidos à análise sensorial para verificação da aceitação e intenção de compra por 80 provadores não treinados. Verificou-se que o pó liofilizado com 25% de maltodextrina pré-congelado a -76 °C anteriormente à liofilização apresentou as maiores notas de aceitação com média de 6,27. Para a intenção de compra, as maiores notas médias foram para os conceitos de “Provavelmente compraria”.

Santos et al. (2012), avaliando a mangaba (*Hancornia speciosa*) liofilizada através de parâmetros físico-químicos constataram que o processo de liofilização se mostrou eficiente para a secagem da fruta, pois manteve grande parte das propriedades físico-químicas avaliadas. Segundo os autores, a secagem provocou redução significativa no teor de umidade, entretanto não alterou significativamente o teor de cinzas, pH e sólidos solúveis, obtendo-se um produto reduzido, compacto e homogêneo, o que facilita algumas etapas como armazenamento e transporte, tornando-se assim acessível a outros estados, os quais a fruta não é nativa, fator que propicia o aumento do consumo.

Freitas et al. (2015) utilizou a técnica de liofilização para desidratação de resíduo oriundo do processamento de maracujá (*Passiflora edulis*), tendo como objetivo analisar a degradação dos compostos bioativos do mesmo após a secagem, avaliando sua viabilidade como método de reaproveitamento de tais resíduos. A liofilização do resíduo de maracujá se mostrou muito eficiente em relação à retirada de umidade nos dois métodos de congelamento (freezer convencional e nitrogênio líquido); em ambos os métodos se observa também que nas primeiras 72 horas praticamente toda a umidade é retirada, nas seguintes horas a taxa de umidade cai lentamente, porém atinge significantes valores finais. Os teores de flavonoides e fenólicos se mantiveram acima dos teores da amostra *in natura*, porém a acidez e a vitamina C sofreram degradação.

Tendo em vista o exposto, é interessante avaliar a possibilidade de se criar um suco concentrado de maracujá utilizando processos não-térmicos como a filtração

por membranas e a liofilização, e ainda quantificar os compostos fenólicos e a atividade antioxidante para avaliar a efetividade dos processos em preservar tais substâncias. Assim, este trabalho propõe obter um suco de fácil preparo por diluição, com as propriedades dos compostos bioativos ainda efetivos e com sabor próximo ao da fruta *in natura*.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PREPARO DAS AMOSTRAS

Para o preparo das amostras utilizou-se suco de maracujá integral em polpa congelada, obtido da empresa fabricante Lambada de Frutas, situada em Florianópolis, Santa Catarina.

As polpas foram recebidas ainda congeladas e em seguida foram retiradas da embalagem e diluídas em água com o auxílio de um liquidificador comercial, sendo utilizado uma proporção de 300 gramas de polpa para aproximadamente 800 mL de água. A diluição foi feita até um volume total de 15 litros de suco. O suco obtido nesta etapa foi nomeado como *in natura* e foi utilizado como alimentação para o processo de concentração por membranas.

4.2 CONCENTRAÇÃO POR NANOFILTRAÇÃO

Para a concentração do suco de maracujá utilizou-se um sistema piloto de filtração tangencial equipado com uma membrana espiral de nanofiltração de fluoreto de polivinilideno (PVDF) (Osmonics, Minnetonka, MN), com massa molar de corte (MMC) entre 150-300 g.mol⁻¹, e área de filtração de 1,2 m². Utilizaram-se como parâmetros de permeação uma pressão de 6 bar e temperatura 25 ± 2 °C, em sistema aberto, ou seja, com recirculação do retido e retirada do permeado, visando a concentração do suco.

Amostras da alimentação, do retido final e do permeado final foram coletadas e armazenadas congeladas a -18 ± 2 °C até prosseguir para a liofilização.

A resistência total, resistência da membrana, resistência por Fouling e resistência pela polarização por concentração foram calculadas para o processo de nanofiltração da polpa através das equações 1 a 5.

Considerando-se que a resistência total durante o processamento seja representada pela Equação 1, diversos passos foram seguidos para a obtenção destas resistências.

$$R_T = R_M + R_{IR} + R_R \quad \text{Equação 1}$$

A resistência total (R_T), mostrada na Equação 2, foi calculada utilizando o valor de fluxo permeado final (J_F), o valor da viscosidade do permeado (μ_P) e a pressão transmembrana (P) utilizada no experimento.

$$R_T = \frac{P}{\mu_P \cdot J_f} \quad \text{Equação 2}$$

A resistência da membrana (R_M) foi calculada pela Equação 3, utilizando a viscosidade (μ_W) e o valor de fluxo permeado (J_W) antes de se iniciar o experimento, utilizando água como alimentação.

$$R_M = \frac{P}{\mu_W \cdot J_W} \quad \text{Equação 3}$$

Após o processamento e limpeza física a resistência devido ao fouling (R_{IR}) foi calculada pela Equação 4 utilizando os valores de viscosidade da água (μ_W) e o valor de fluxo permeado após a limpeza (J_{Wf}).

$$R_{IR} = \left(\frac{P}{\mu_W \cdot J_{Wf}} \right) - R_M \quad \text{Equação 4}$$

Como a resistência total é a soma de todas as resistências, temos então a Equação 5 onde a resistência causada pela polarização por concentração e pela camada gel polarizada é obtida (R_R).

$$R_R = R_T - R_{IR} - R_M \quad \text{Equação 5}$$

4.3 CONCENTRAÇÃO POR LIOFILIZAÇÃO

A liofilização parcial — utilização da liofilização de que forma que o processo seja interrompido antes do limite da capacidade de concentração pelo método — foi utilizada para se obter uma concentração ainda mais alta, necessário para o propósito deste trabalho. O processo foi realizado utilizando-se a fração concentrada obtida

após a nanofiltração. O processo de liofilização parcial foi realizado em liofilizador (Liotop L101), durante um período de 24 h, de modo que ao final do processo houvesse uma fração do suco ainda no estado líquido.

4.4 COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS (CFT)

Para a quantificação dos compostos fenólicos do suco de maracujá foi utilizado o método de Folin-Ciocalteu, que consiste na reação da amostra com carbonato de sódio 20% e o reagente Folin-Ciocalteu durante 2 horas sob o abrigo de luz. As absorbâncias foram lidas a 765 nm através de espectrofotômetro (UV-Vis mini-1241, Tokyo, Japan) utilizando água destilada como branco. Foi utilizado uma curva padrão de ácido gálico com concentrações variando de 200 a 800 mg.mL⁻¹. O resultado foi expresso em mg equivalentes de ácido gálico.mL⁻¹ (mgGAE.mL⁻¹).

4.5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Para a determinação da atividade antioxidante das frações obtidas foi utilizado o método de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila), que consiste na reação da amostra com radical metanólico de DPPH 0,06 mM por 30 minutos. As leituras de absorbância foram feitas a 515 nm em espectrofotômetro (UV-Vis mini-1241, Tokyo, Japan), com álcool metílico como branco. Foi utilizado uma curva padrão de ácido gálico com concentrações variando de 0 a 250 mg.mL⁻¹. O resultado foi expresso em mgGAE.mL⁻¹.

O segundo método utilizado para a determinação da atividade antioxidante foi o método de ABTS (2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico), que consiste na reação da amostra com o radical ABTS⁺ por 6 minutos. As leituras de absorbância foram feitas a 734 nm em espectrofotômetro (UV-Vis mini-1241, Tokyo, Japan) utilizando o álcool etílico como branco. Seguindo o mesmo procedimento foi utilizada a curva padrão de ácido gálico com concentração de 0 a 250 mg.L⁻¹ e os resultados foram expressos em mgGAE.mL⁻¹.

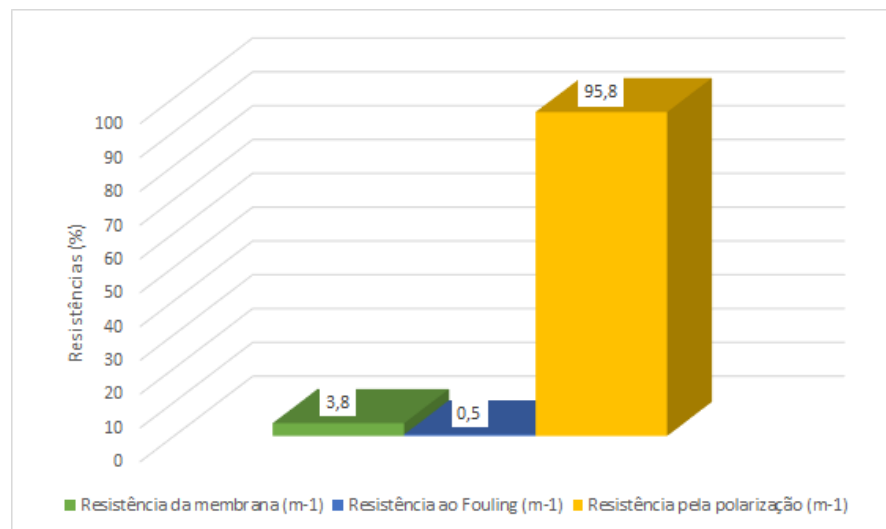
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CONCENTRAÇÃO POR NANOFILTRAÇÃO DO SUCO DE MARACUJÁ

O suco de maracujá foi concentrado a uma pressão de 6 bar, onde um volume de 15 litros de suco *in natura* foi utilizado como alimentação, o processo foi mantido até o se alcançar o fluxo limite — que corresponde ao fluxo a partir do qual um aumento na pressão causa pouco ou nenhum aumento no fluxo permeado, sendo que ao final do processo restaram 4 litros retidos da amostra, o que resultou em um fator de redução volumétrico (FRV) de 3,8.

A Figura 4 mostra as resistências, em porcentagem, observadas durante a nanofiltração do suco de maracujá, considerando-se a resistência total sendo de 100%.

Figura 4. Porcentagem da influência da resistência da membrana, resistência ao Fouling e resistência pela polarização. Valores de resistência em m^{-1} .



Fonte: Autor.

Um dos fatores limitantes na nanofiltração é a redução do fluxo de permeado ao longo do processo. Observa-se que a principal resistência para o processo de nanofiltração é a resistência pela polarização, representando um total de aproximadamente 96%. Este comportamento pode ser relacionado a característica seletiva da membrana, a qual separa os compostos da solução, concentrando outros compostos na superfície da mesma (DA COSTA, 2016).

A predominância da polarização por concentração possui a vantagem de que a formação da zona de polarização e da camada gel, podem ser minimizadas através do aumento da velocidade de escoamento tangencial devido ao aumento da turbulência. O efeito de mistura, nas proximidades da superfície da membrana, arrasta uma parte significativa dos solutos acumulados, na maioria das vezes por adsorção, reduzindo a espessura da camada gel e aumentando a velocidade de permeação (BAKER, 2004).

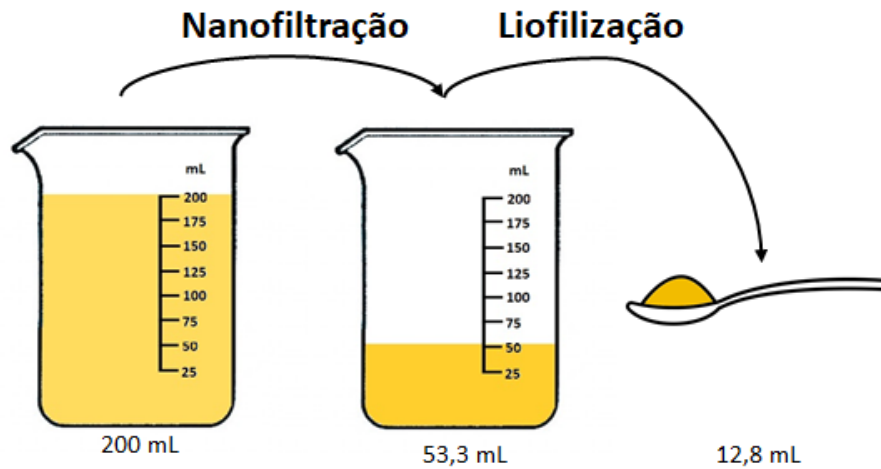
5.2 CONCENTRAÇÃO POR LIOFILIZAÇÃO DO SUCO DE MARACUJÁ CONCENTRADO.

Para o processo de liofilização parcial foi utilizado 250 g do suco de maracujá já concentrado por nanofiltração, sendo que após 24 h obteve-se uma massa final de 65 g. O processo apresentou uma remoção da massa de água de 74% do suco já concentrado, em termos volumétricos, representando um FRV da liofilização de 4,2. A combinação da nanofiltração com a liofilização parcial resultou em um FRV final de 15, atingindo uma remoção do conteúdo de água de aproximadamente 93%.

5.3 CARACTERÍSTICAS DO SUCO CONCENTRADO POR NANOFILTRAÇÃO E LIOFILIZAÇÃO

Considerando a redução de volume obtida entre os processos, um copo de 200 mL após a nanofiltração se tornariam 53,3 mL e este volume após a liofilização estaria concentrado em uma porção líquida de apenas 12,8 mL. A redução de volume, mantendo as características sensoriais e bioativas do suco, é uma excelente alternativa para um produto de fácil reconstituição e transporte. Em teoria, a diluição em água dos 12,8 mL de concentrado para um copo de 200 mL produziriam um suco com a mesma concentração do suco *in natura*. Na Figura 5 está uma ilustração dos volumes após os processos de concentração.

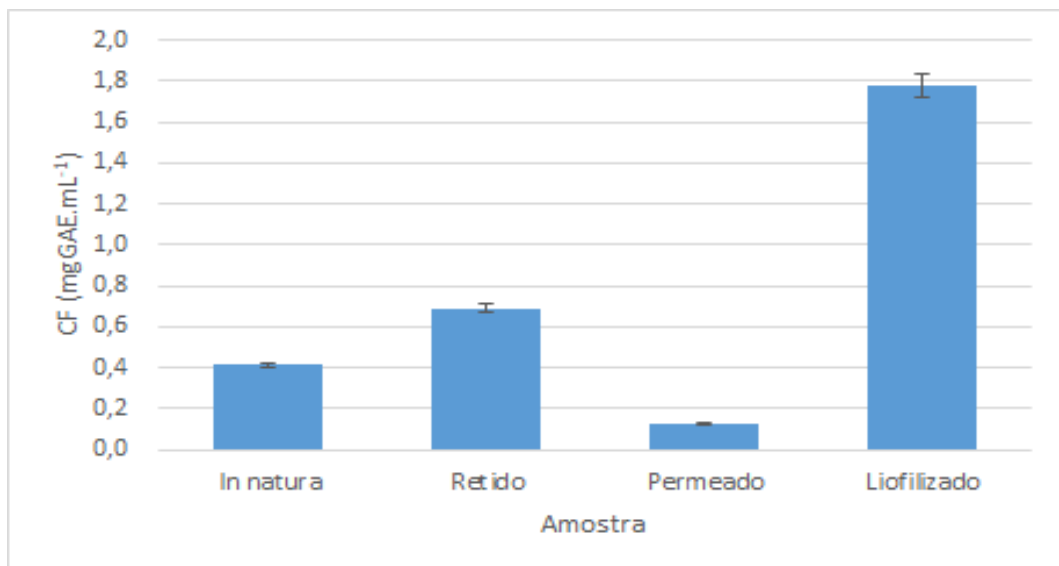
Figura 5. demonstração da redução de volume dos processos de nanofiltração e liofilização.



Fonte: autor

As frações obtidas foram analisadas em relação aos compostos fenólicos totais e de atividade antioxidante. A Figura 6 mostra o teor de compostos fenólicos totais para o suco de maracujá *in natura*, retido e permeado obtidos durante o processo de nanofiltração e para a amostra liofilizada.

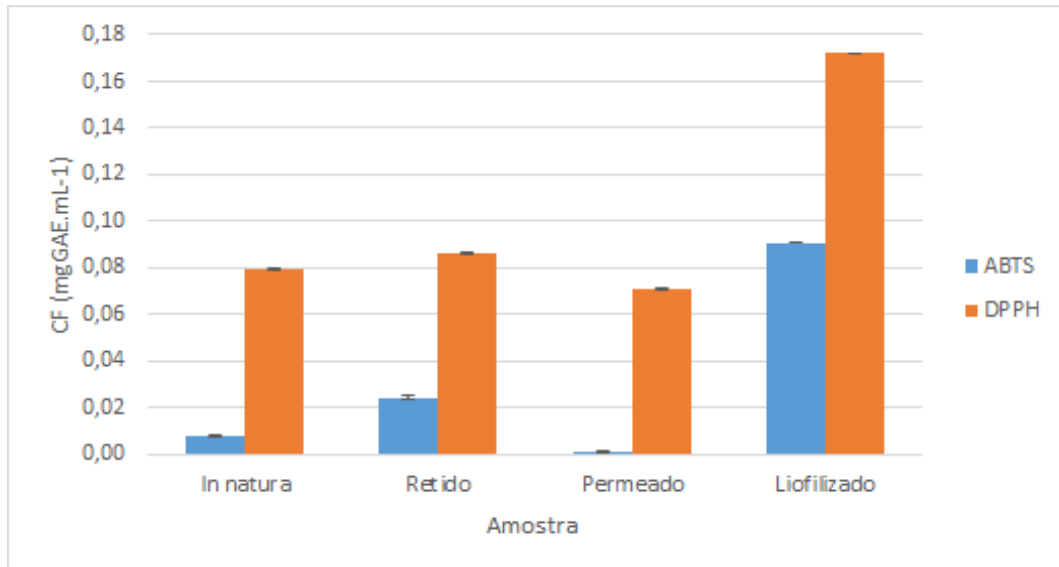
Figura 6. Teores de compostos fenólicos totais contidos nas diferentes frações do processo de concentração do suco de maracujá.



Fonte: Autor.

A atividade antioxidante é medida, pelos métodos ABTS e DPPH, e está ilustrada na Figura 7.

Figura 7. Níveis de atividade antioxidante medidos pelos métodos ABTS e DPPH nas diferentes frações do processo de concentração do suco de maracujá.



Fonte: Autor.

Para avaliar a capacidade dos processos em manter a integridade das substâncias com atividade antioxidante (AA) e dos compostos fenólicos totais (CFT), avaliaram-se os fatores de concentração dos compostos pelo FRV dos processos, sendo estes valores mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Relação do FRV e dos fatores de concentração dos compostos.

Amostra	FRV	FC ABTS	FC DPPH	FC CFT
Retido (nanofiltração)	3,8	3,1	1,1	1,7
Liofilizado	4,2	11,3	2,2	4,3

Fonte: Autor.

O teor de CFT apresentou um incremento de aproximadamente 1,7 e 4,3 vezes para a nanofiltração e liofilização, respectivamente.

A nanofiltração apresentou um fator de concentração (FC) de CFT inferior ao FRV, indicando que houve uma concentração dos compostos em escala reduzida à concentração do suco. A retenção dos CFT durante este processo é atribuída principalmente ao tamanho molecular e a densidade de elétrons presentes no anel aromático desses compostos (MURAKAMI et al., 2013).

A liofilização apresentou uma ótima capacidade de preservar os CFT, apresentando um FC próximo ao FRV, indicando que houve uma concentração proporcional entre o suco e os compostos.

Em relação à atividade antioxidante, ambos os métodos de ABTS e DPPH mostraram um poder antioxidante superior à solução de alimentação. Para a determinação da AA pelo método de ABTS visualizou-se um incremento de 3,1 e 11,3 vezes para a nanofiltração e liofilização, respectivamente. O incremento nos valores de AA, podem ser justificados pelo aumento na concentração de compostos fenólicos, uma vez que a AA está diretamente relacionada a estes compostos.

Além disso, observam-se valores distintos entre as determinações por ABTS e DPPH. Este comportamento pode estar relacionado a diversos fatores, o método DPPH apresenta vantagens quando os antioxidantes analisados são mais solúveis em solventes orgânicos. Além disso, o processo de permeação permitiu a passagem de alguns compostos para o permeado, sendo que este comportamento pode estar relacionado a sinergia de compostos entre o reagente e as frações do suco, alterando então a AA (HUANG; OU; PRIOR, 2005).

Com base nos resultados obtidos, podemos afirmar que a concentração de suco de maracujá por um processo misto de nanofiltração e liofilização parcial é uma alternativa para a produção de um suco com elevado teor de compostos bioativos e também com apelo a praticidade de consumo, pois se remove aproximadamente 93% do volume inicial, o que possibilita o seu transporte facilitado e reconstituição instantânea no momento de consumo.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho investigou a eficiência dos processos não-térmicos para concentração de suco de maracujá. A nanofiltração apresentou uma alta capacidade em concentrar o suco de maracujá, e teve o processo de concentração limitado pela resistência por polarização por concentração.

A liofilização parcial do suco foi realizada para aumentar a concentração da amostra além da capacidade da nanofiltração e possibilitou que a amostra final apresentasse um teor de água muito inferior à amostra *in natura*.

A associação da nanofiltração com a liofilização parcial proporcionou que a amostra final de suco atingisse uma concentração de forma que aproximadamente 13 mL do suco liofilizado pudesse produzir 200 mL do suco *in natura* após a diluição. A combinação de ambos os processos proporcionou uma boa sinergia de concentração do suco de maracujá e concentração de compostos bioativos. Para a determinação dos compostos fenólicos e atividade antioxidante observaram-se valores de concentração máximos de 3,1 e 11,3, respectivamente. Estes valores demonstram a eficiência de processos não-térmicos para a preservação dos compostos termolábeis.

A combinação dos processos não-térmicos mostrou uma alta capacidade de remoção de água do suco de maracujá e da manutenção dos compostos bioativos do maracujá, sendo uma alternativa de processo para a produção de sucos concentrados prontos para diluição.

7 REFERÊNCIAS

ABREU, S.P.M; PEIXOTO, J.R; JUNQUEIRA, N.T.V; Sousa, M.A.F. 2009. Características físico-químicas de cinco genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Fruticultura** 31: 487-491.

AKESOWAN, A. Quality of Reduced-Fat Chiffon cakes prepared with erythritol-sucralose as replacement of sugar. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 8, n. 9, 1383-1386, 2009.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position of the American Dietetic Association: use of nutritive and nonnutritive sweeteners. **Journal American Dietetic Association**, v.104, p.255-275, 2004.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Instrução Normativa Nº 37**, de 1º de outubro de 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/instrucao-normativa-no-37-de-1o-de-outubro-de-2018.pdf>> Acessado em: 2 set. 2021.

BAKER, R.W., “**Membrane Technology and Applications**”, John Wiley & Sons (2004).

BARRALES, F. M.; REZENDE, C. A.; MARTÍNEZ, J. Supercritical CO₂ extraction of passion fruit (*Passiflora edulis* sp.) seed oil assisted by ultrasound. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 104, p. 183-192, 2015.

BARROSO, T.A et al. Association of central obesity with the incidence of cardiovascular diseases and risk factors. **International Journal of Cardiovascular Sciences**, v. 30, n. 5, p. 416-424, 2017.

BATH, R.; PALIYATH, G. Fruits of Tropical Climates: Dietary Importance and Health Benefits. **Encyclopedia of Food and Health**, 144-149, 2016.

BELLO, N. T.; HAJNAL, A. Male rats show an indifference-avoidance response for increasing concentrations of the artificial sweetener sucralose. **Nutrition Research**, v. 25, p. 693-699, 2005.

BORCHANI, C. BESBES, S.; MASMOUDI, M.; BLECKER, C.; PAQUEUOT, M.; ATTIA, H. Effect of drying methods on physico-chemical and antioxidant properties of date fibre concentrates. **Food Chemistry**, v. 125, n.4, p. 1194–1201, 2011.

BRUSICK, D.; GROTZ, V. L.; SLESINSKI, R.; KRUGER, C. L.; HAYES, A. W. The absence of genotoxicity of sucralose. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, p.3067-3072, 2010.

CARNEIRO, L.C.; GOMES, F.S.; FURTADO, A.A.L.; CABRAL, L.M.C. Esterilização de suco de abacaxi por microfiltração. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**, n. 39, p.1-6, 2000.

CHUN, O.C.; CHUNG, C.E.; WANG, Y.; PADGITT, A.; SONG, W.O., Changes in Intakes of Total and Added Sugar and their Contribution to Energy Intake in the U.S. **Nutrients**. 2010; 2:834-54.

COMB, L. Using nanofiltration in beverage production. **Beverage Industry**, 1991

COSTA, Marcelo Martins da et al. **SUCOS FUNCIONAIS: Percepções, compreensão e comportamento do consumidor**. 2019.

DE FREITAS, L. V. D. et al. ANÁLISE DA DESIDRATAÇÃO DE RESÍDUOS DE PROCESSAMENTO DE MARACUJÁ (*Passiflora Edulis*) POR LIOFILIZAÇÃO. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, n. 3, p. 1925-1930, 2015.

DHAWAN, K.; DHAWAN, S.; SHARMA, A. Passiflora: a review update. **Journal of Ethnopharmacology** 94: 1-23, 2004

EBLSA. **Aplicação de produtos liofilizados na indústria**, 2016.

FERRAREZI, A. C. **Interpretação do consumidor, avaliação da intenção de compra e das características físico-químicas do néctar e do suco de laranja pronto para beber**. 2008. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, 2008.

FERREIRA, J.E.M. **Estabilidade de carotenóides, flavonóides e vitamina C em alimentos submetidos às tecnologias emergentes de processamento**. 2011. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011

FERREIRA, K. A.; Alcântara, R. L. C. **Approaches for implementation of the postponement strategy: a multicase study in the food industry**. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 20, n. 2, p. 357-372, 2013.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: Princípios e Aplicações**. NBL Editora, 2009

GEA FILTRATION. **Filtração por membranas**. Catálogo de exposição, 2006.

HU, F.B.; MALIK, V.S.. Sugar-sweetened beverages and risk of obesity and type 2 diabetes: Epidemiologic evidence. **Physiol Behav**. 2010; 100(1):47–54.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1841–1856, 2005.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de maracujá**. 2014. <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>

JOTHYLINGAM, M.; PUGAZHENTHI, T. R. Development of dietetic herbal flavoured milk and analysis for it's physicochemical properties. **International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences**, v. 3, n. 1, p. 54-57, 2013.

JULIANO, Luciane Nóbrega et al. **Preparação e caracterização de membranas para clarificação de suco de frutas**. 2000.

KOROISHI, Erika Tomie et al. **Estudo do processo de liofilização: aplicação para suco de laranja**. 2005.

LUSTIG, R.H. Fructose: Metabolic, Hedonic, and Societal Parallels with Ethanol. **J Am Diet Assoc**. 2010.

MACHADO, J. G. D. C. F. Estratégias de marketing na indústria de amendoim: um estudo em empresas da Alta Paulista. **Latin American Journal of Business Management**, v. 3, n. 2, p. 21-29, 2013.

MACHADO, Sérly Santiago et al. Comportamento dos consumidores com relação à leitura de rótulo de produtos alimentícios. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 17, n. 1, p. 97-103, 2008.

MAGALHÃES, M.P.; GOMES, F.S.; MODESTA, R.C.D.; MATTA, V.M.; CABRAL, L.M.C. Conservação de água de coco verde por filtração com membranas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 72-77, 2005.

MAIA, S.M.P.C. et al. Farinha de maracujá na elaboração de bolo de milho. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 13, n. 3, p. 328-336, 2018.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reuso de água**. Barueri: Manole, 2003.

MATTA, V.M.; CABRAL, L.M.C.; SILVA, L.M.M. Suco de acerola microfiltrado: avaliação da vida-de-prateleira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 293- 297, 2004.

MERÇON, F.; RODRIGUES, S.L.C.; MOREIRA, R.L.S.; CARDOSO, M.H. Avaliação de parâmetros de ultrafiltração de suco de banana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 98-101, 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Atenção à Saúde. Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Guia Alimentar para a População Brasileira – Promovendo a alimentação saudável**. Brasília (DF); 2006.

MONTEIRO, F.S. **Obtenção de suco de amora-preta (*Rubus spp.*) concentrado em antocianinas utilizando processos de separação por membranas**. 2011. 135 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

MULDER, M. Basic principles of membrane technology. **Dordrecht: Kluwer Academic Publisher**, 1991.

O FUTURO, de um mercado mais concentrado de sucos e cervejas. **Exame**, São Paulo:jun.2016.

OLIVEIRA, D.A.; ANGONESE, M.; GOMES, C.; FERREIRA, S.R.S. Valorization of passion fruit (*Passiflora edulis sp.*) by products: Sustainable recovery and biological activities. **The Journal of Supercritical Fluids** 111: 55-62, 2016.

OLIVEIRA, Silvana Nazareth de et al. **Liofilização de polpa de maracujá do mato (*Passiflora cincinnata Mast.*) para obtenção de produtos alimentícios**. 2016.

ORREGO-ALZATE, C. E. **Congelación y Liofilización de Alimentos**. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 172 p., 2008.

RABELO, George Arthur Alves. **Refrigerantes e sucos industrializados: um tema para a abordagem de química orgânica**. 2014.

ROCHA, L.F.; CUNHA, M.S.; SANTOS, E.M.; LIMA, F.N.DE.; MANCIN, A.C.; CAVALCANTE, Í.H.L. 2013. Biofertilizante, calagem e adubação com NK nas características físicas e químicas de frutos de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 8: 555-562.

RUXTON, C.H.; GARDNER, E.J.; MCNULTY, H.M. Is sugar consumption detrimental to health? A review of the evidence 1995-2006. **Crit Rev Food Sci Nutr**. 2010;50(1):1-19. DOI:10.1080/10408390802248569

SÁ, I.S.; CABRAL, L.M.C.; MATTA, V.M. Concentração de suco de abacaxi através de processos com membranas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.6, p.53-62, 2003.

SANTOS, B.S. et al. Obtenção, liofilização e caracterização de extrato de capim-limão (*Cymbopogon citratus* dc) E hibisco (*Hibiscus sabdariffa* l.). **Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 3, n. 5, p. 090-099, 2013.

SANTOS, J. T. S. et al. Avaliação de mangaba liofilizada através de parâmetros físico-químicos. **Scientia plena**, v. 8, n. 3 (a), 2012.

SANTOS, K.N. **Obtenção de biodiesel via catálise homogênea e heterogênea a partir do óleo do maracujá amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Degener*)**. Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília Faculdade do Gama, Brasília, 2015.

SÃO JOSÉ, A.R.; REBOUÇAS, T.N.H.; BONFIM, M.P.; PIRES, M. de M. Situação regional da cultura do maracujá-Nordeste. **Reunião Técnica de Pesquisa em Maracujazeiro**. p.4-10, 1999.

SARON, E. S. et al. Viabilidade da redução da camada de estanho em latas de aço para suco de maracujá pronto para beber. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 9, n. 4, p. 283-290, 2006.

SCOTT, K.; HUGHES, R. Industrial membrane separation technology. **London: Blackie Academic & Professional**, 1996. 305 p.

SONESTEDT, E. et al. Does high sugar consumption exacerbate cardiometabolic risk factors and increase the risk of type 2 diabetes and cardiovascular disease. **Food & Nutrition Research**. 2012; 56:19104.

STANHOPE, K.L.; HAVEL, P.J. Endocrine and metabolic effects of consuming beverages sweetened with fructose, glucose, sucrose, or high fructose corn syrup. **Am J Clin Nutr**. 2008; 88(6):1733S–7S.

STEYN, N.P. et al. Evidence to support a food-based dietary guideline on sugar consumption in South Africa. **BMC Public Health**. 2012; 12:502.

REGO, R.A.; VIALTA, A.; MADI, F.L.C. - Sucos industrializados e outras bebidas não carbonatadas; Instituto de Tecnologia de Alimentos. 1º ed. São Paulo: Bb Editora: **Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não Alcoólicas**, 2020.

TONDELLO, T. F. **Recuperação por osmose inversa de águas residuais geradas na produção de leite condensado**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2011.

TORRES, C; DÍAZ-MAROTO, M. C.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I.; PÉREZCOELLO, M. S. Effect of freeze-drying and oven-drying on volatiles and phenolics composition of grape skin. **Analytica Chimica Acta**, v. 660, n. 1, p. 177-182, 2010.

U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES; **U.S. Department of Agriculture. Dietary Guidelines for Americans.** Washington DC: Government Printing Office; 2005.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, Center for Nutrition Policy and Promotion. **Report of the Dietary Guidelines Advisory Committee on the Dietary Guidelines for Americans.** Washington (DC); 2010.

VERSARI, A.; FERRARINI, R.; PARPINELLO, G. P.; GALASSI, S. Concentration of grape must by nanofiltration membranes. **Food and Bioproducts Processing.** v. 81, p. 275-278, 2003.

VIBERG, H.; FREDRIKSSON, A. Neonatal exposure to sucralose does not alter biochemical markers of neuronal development or adult behavior. **Nutrition,** v. 27, p. 81– 85, 2011.

VIEIRA, A.P.; NICOLETI, J.F.; TELIS, V.R.N. Freeze drying of pineapple slices: evaluation of drying kinetics and product quality. **Brazilian Journal of Food Technology,** v. 15, n. 1, p. 50-58, 2012.

WANG, X. L.; SHANG, W. J.; WANG, D. X.; WU, L.; TU, C. H. Characterization and applications of nanofiltration membranes: State of the art. **Desalination,** v. 236, p. 316-326, 2009.

WANSINK, B. Environmental factors that increase the food intake and consumption volume of unknowing consumers. **Annual Review of Nutrition,** Palo Alto, v. 24, n. 1, p. 455-479, 2004.

WARCZOK, J.; FERRANDO, M.; LÓPEZ, F.; GÜELL, C. Concentration of apple and pear juices by nanofiltration at low pressures. **Journal of Food Engineering,** v. 63, p. 63-70, 2004.

WIJERATNAM, S.W. Passion Fruit. **Encyclopedia of Food and Health**, p.230-234, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**. Geneva: World Health Organization, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; Food and Agriculture Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. **Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation**. Geneva; 2003. (Technical Report Series, 916).