



Um estudo sobre a Goma Xantana: análise das aplicações e do mercado

Claudia Lira Santos de Andrade
Fabiana Honório Lima Chaves
Milena Amaral Espinoza Incer

Projeto de Final de Curso

Orientador

Mário Sérgio O. Castro, Engenheiro

Novembro de 2008

Um estudo sobre a Goma Xantana: análise das aplicações e do mercado

***Claudia Lira Santos de Andrade
Fabiana Honório Lima Chaves
Milena Amaral Espinoza Incer***

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenharia Química.

Aprovado por:

Andréa Medeiros Salgado - D.Sc.

Daniel Weingart Barreto - D.Sc.

Luiz Claudio Mandarin Freire - M. Sc.

Orientado por:

Mário Sérgio O. Castro, Engenheiro

Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Novembro de 2008

Ficha Catalográfica

Andrade, Claudia Lira santos de; Chaves, Fabiana Honório Lima; Incer, Milena Amaral Espinoza.

Um estudo sobre a goma xantana: análise das aplicações e do mercado/ Claudia Lira Santos de Andrade; Fabiana Honório Lima Chaves; Milena Amaral Espinoza Incer. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2008.

ix, 60 p.; II (Projeto) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2008.

Orientador: Mário Sérgio de Oliveira Castro.

1. Goma xantana. 2. Mercado. 3. Aplicações. 4. Monografia. (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Mário Sérgio O. Castro. I. Um estudo sobre a goma xantana: análise das aplicações e do mercado.

Aos nossos pais e irmãos.

AGRADECIMENTOS

À DEUS,

Por nos ter dado o dom da vida, saúde, e perseverança para lutarmos pelos nossos objetivos.

ÀS NOSSAS FAMÍLIAS,

Nosso porto seguro, onde sempre encontramos carinho, compreensão e apoio incondicional que nos fizeram chegar até aqui.

AO PROFESSOR MÁRIO SÉRGIO,

Grande mestre, orientador e amigo, pelo enorme apoio, não apenas nesse projeto, mas sim em todo período acadêmico.

AOS NOSSOS AMIGOS,

Que nos apoiaram e compreenderam nossas ausências.

À ESCOLA DE QUÍMICA,

Por todo o suporte e aprendizado profissional e pessoal adquiridos.

AOS NOSSOS CHEFES E COLEGAS DE TRABALHO,

Por todo o aprendizado, incentivo e apoio.

Resumo do Projeto Final apresentado à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

UM ESTUDO SOBRE A GOMA XANTANA: ANÁLISE DAS APLICAÇÕES E DO MERCADO

Claudia Lira Santos de Andrade
Fabiana Honório Chaves
Milena Amaral Espinoza Incer

Novembro de 2008

Orientador: Prof. Mário Sérgio O. Castro, Engenheiro

Resumo

O mercado de biopolímeros vem se desenvolvendo bastante nos últimos anos, sendo a goma xantana um dos mais importantes. A goma xantana vem ocupando um lugar de destaque, principalmente devido às suas características únicas, que fazem com que suas aplicações sejam as mais diversas, destacando-se sua utilização nas indústrias de alimentos e de petróleo. Este projeto tem o objetivo de avaliar a evolução do mercado da goma xantana, bem como os seus usos e aplicações nos diversos setores. Para isso, são avaliados os dados de mercado, tanto mundial quanto nacional, bem como feitas análises e projeções para cenários nacionais futuros, considerando-se o desenvolvimento da economia e o aumento da produção de petróleo brasileira.

ÍNDICE

Capítulo 1 – Introdução	1
1.1. Objetivo e motivação	1
1.2. Organização do estudo.....	2
Capítulo 2 – Biopolímeros	2
2.1. Biopolímeros microbianos	8
2.1.1. Exopolissacarídeos (EPS).....	10
2.2. Mercado	12
Capítulo 3 – Goma Xantana	13
3.1. Processo de obtenção	15
3.2. Estrutura e características	18
3.3. Aplicações	20
Capítulo 4 - Usos e Aplicações	22
4.1. Indústria farmacêutica e de cosméticos.....	24
4.2. Indústria petrolífera.....	24
4.3. Indústria alimentícia.....	26
Capítulo 5 – Avaliação de mercado	28
5.1. Mercado Mundial	28
5.1.1. EUA.....	29
5.1.2. Europa.....	30
5.1.3. China.....	32
5.2. Mercado Nacional.....	32
5.2.1. Exportações e Importações Brasileiras.....	33
5.2.2. Balança Comercial.....	35
5.2.3. Histórico de Preços.....	35
5.3. Evolução do Mercado	36
5.4. Rotas de Produção de Goma Xantana	37
5.4.1. Matérias-primas e custos de produção	37
5.4.2. Estágio de desenvolvimento relativo à Goma Xantana.....	40
5.4.3. Oportunidades para a produção nacional	42
5.5. Projeção de Mercado.....	43
5.5.1. Hidrocolóides.....	43
5.5.2. Consumo de goma xantana na indústria do petróleo.....	48
Capítulo 6 – Considerações finais e conclusões	51
Capítulo 7 – Referências Bibliográficas	54
Capítulo 8 – Anexos	59
Anexo 1: Especificações FDA para a utilização da goma xantana	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Processo de obtenção da goma xantana.....	17
Figura 2: Estrutura primária da goma xantana.....	19

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Características dos diferentes polissacarídeos.....	5
Tabela 2: Aplicações típicas de hidrocolóides	6
Tabela 3: Consumo mundial de hidrocolóides – 2006 (1000 TM)	13
Tabela 4: Principais usos da goma xantana	21
Tabela 5: Consumo mundial de goma xantana	28
Tabela 6: Consumo mundial de goma xantana nos EUA.....	29
Tabela 7: Preços da goma xantana nos EUA.....	30
Tabela 8: Consumo europeu de goma xantana (1000TM).....	30
Tabela 9: Consumo Europeu por segmento em 2006	31
Tabela 10: Empresas européias produtoras de goma xantana.....	31
Tabela 11: Exportação Brasileira de goma xantana (NCM 3913.90.20) de 1997 a 2007.....	33
Tabela 12: Importação Brasileira de goma xantana (NCM 3913.90.20) de 1997 a 2007.....	33
Tabela 13: Balança comercial Brasileira de Goma Xantana (NCM 3913.90.20) – 2007	35
Tabela 14: Grau de preferência de matérias-primas na produção da goma xantana.....	39
Tabela 15: Atual estágio de desenvolvimento da goma xantana e perspectivas de produção.....	41
Tabela 16: Consumo de Hidrocolóides - 2006 (1000t).....	45
Tabela 17: Produto Interno Bruto em 2006.....	45
Tabela 18: Equação Linear.....	47
Tabela 19: Equação Potência.....	47
Tabela 20: Equação Exponencial.....	47
Tabela 21: Consumo de goma xantana e produção de petróleo.....	48
Tabela 22: Produção de petróleo e consumo de goma xantana.....	50

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Importação X Exportação brasileiras de goma xananta	34
Gráfico 2: Histórico de preços	35
Gráfico 3: Custo de produção.....	40
Gráfico 4: PIB x Consumo de Hidrocolóides - 2006.....	46
Gráfico 5: Consumo de goma xantana e produção de petróleo.....	48
Gráfico 6: Produção de petróleo x Consumo de goma xantana.....	49

Capítulo 1 – Introdução

O mercado de biopolímeros mostra-se promissor tendo em vista sua ampla aplicação, desde sua utilização na indústria de alimentos ou farmacêutica até sua utilização na indústria de petróleo. Este trabalho tem como foco a goma xantana, um biopolímero e hidrocolóide, pois, devido suas características reológicas e resistência à temperatura, salinidade, pH e cisalhamento, é utilizada, em diversas aplicações e em diversos países.

Em geral a maior parcela de consumo é para o segmento alimentício, porém o segmento de petróleo mostra-se muito promissor, pois a goma xantana possui um desempenho reológico muito mais apropriado às aplicações nesse segmento do que a maioria dos polímeros atualmente disponíveis no mercado

Através de dados e de projeções de mercado de hidrocolóides, mostrar-se-á que a expectativa de crescimento mundial é, em média, de 5 a 10% ao ano (CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK, 2007). Do ponto de vista comercial, a goma xantana é o hidrocolóide, de natureza microbiana, mais importante, com uma produção mundial de cerca de 40.000 - 50.000 toneladas por ano, movimentando um mercado de aproximadamente 270 milhões de dólares. As principais indústrias produtoras de xantana são Kelco (EUA), Rhône-Poulenc (França), Pfizer (EUA) e Mero-Rousselot-Santia (França), (PRADELLA, 2006).

1.1. Objetivo e motivação

Por ser utilizada em diversos segmentos, o mercado de biopolímeros, hidrocolóides e mais precisamente de goma xantana está em pleno crescimento

sendo assim, uma análise das aplicações e do mercado, tanto nacional quanto internacional faz-se necessário, representando assim a motivação para este trabalho.

1.2. Organização do estudo

O capítulo 2 – Biopolímeros – apresenta uma breve descrição desse tipo de polímeros.

O capítulo 3 – Goma xantana – apresenta seu processo de obtenção, estrutura, características e aplicações.

O capítulo 4 – Usos e aplicações – é dedicado ao estudo mais aprofundado dos usos e aplicações da goma xantana.

O capítulo 5 – Avaliação de mercado – mostra uma avaliação do mercado de goma xantana, internacional e nacional, como principais produtores, preços, importações, exportações e evolução do mercado, além de projeções de consumo nacional de goma xantana.

Por fim, o capítulo 6 – Considerações finais e conclusões – apresenta as discussões e conclusões obtidas a partir do estudo realizado.

Capítulo 2 – Biopolímeros

Os biopolímeros são macromoléculas polissacarídicas que, devido as suas características físico-químicas, como atuar em baixas concentrações, ampla faixa de pH e temperatura, estão sendo cada vez mais utilizadas em diversos ramos industriais. Pela diversificação do consumo de biopolímeros, faz-se necessária a produção dos mesmos em quantidade e qualidade cada vez maiores (PADILHA, 1997, *apud* BERWANGER, 2005).

Polissacarídeos são macromoléculas naturais encontradas em todos os organismos vivos, constituindo um grupo de compostos dos mais abundantes e importantes da biosfera como, por exemplo, celulose e amido nas plantas e glicogênio nos animais.

Os polissacarídeos têm papéis específicos como compostos de armazenamento (glicogênio), compostos estruturais (quitina), mediadores das interações do microorganismo com o meio ambiente (polissacarídeos extracelulares).

Estes polímeros são constituídos de unidades monossacarídicas unidas por ligações glicosídicas diferindo entre si na unidade e no grau de ramificação destas, no tipo de ligações que as unem e no comprimento de suas cadeias, apresentando diferentes composições e funções, sendo classificados como homopolímeros ou heteropolímeros. Os homopolissacarídeos possuem um único tipo de unidade monomérica, como exemplo amido e glicogênio, os quais servem como forma de armazenamento de glucose, e celulose e quitina que atuam como elementos estruturais das paredes das células vegetais e de exoesqueletos de animais respectivamente. Os heteropolissacarídeos contêm duas ou mais unidades

monoméricas diferentes, como os peptidoglicanos, que fazem parte da camada rígida da parede celular das células bacterianas e fornecem um suporte extracelular para os organismos de todos os reinos naturais.

Polissacarídeos são classificados de três formas em relação à origem: provenientes de plantas terrestres, subdividindo-se em estruturais (amido, celulose, pectina, etc), exudados (goma arábica) e oriundos de sementes (goma guar e locusta); provenientes de plantas aquáticas (Agar, carragena); e de microorganismos (dextrana, gelana, xantana, etc), sendo que este último recebe a denominação de biopolímeros microbianos (BOBBIO & BOBBIO, 1992, *apud* BERWANGER, 2005).

A tabela a seguir mostra as principais características de diferentes polissacarídeos.

Tabela 1: Características dos diferentes polissacarídeos

	Origem	Estrutura	Efeito	Reologia	Aplicação
Xantana	bactéria <i>Xanthomonas campestris</i>	glicose, aranose e resíduos de ácido glucorônico	espessante	pseudoplástico Gel aderente	molhos e xaropes, pasta de dente, pães, cosméticos, produtos agrícolas, tintas, perfuração de petróleo
Gelana	bactéria <i>Sphingomonas elodea</i>	glicose, ácido glicorônico e raminose	gelificante, espessante	gel fluido	doces, geléias, gelatinas, bebidas lácteas
Dextrana	Bactéria <i>Leuconostoc mesenteroides</i>	glicose, unidades de α - D- glicopiranosil	gelificante, espessante, estabilizante	pseudoplástico	modificadores de viscosidade, indústria fotográfica, açúcar dietético
Pululana	fungo <i>Aureobaidium pullulan</i>	α - D- glucana Maltotrioses	Filme adesivo	Filme aderente	excipiente em comprimidos, revestimento na indústria alimentícia
Ágar-ágar	algas vermelhas	Mistura de agarose e agarpectina	gelificante, espessante	gelante	doces de massa, geléias, ingrediente para cultura microbiana
Goma Tara	semente do fruto da árvore peruana <i>Caesalpine spinosa</i>	1galactose: 3manose	espessante, estabilizante	pseudoplástico, gelante	confeitos, cobertura, molhos, bebidas, panificação

Fonte: PRADELLA, 2006

Hidrocolóides são membros de uma classe de polímeros solúveis em água, substâncias orgânicas capazes de dissolver, dispersar ou de inchar em água e, assim, modificar as propriedades físicas de sistemas aquosos em forma de espessamento ou emulsificação / estabilização. (CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007). A indústria de alimentos é um dos principais consumidores de polissacarídeos, onde estes são aplicados

primordialmente como espessantes ou agentes de suspensão e gelificantes. Os polissacarídeos são importantes também por outras propriedades, que incluem emulsificação, estabilização de emulsões, controle de cristalização, inibição de sinérese, encapsulação e formação de filmes (MAUGERI, 2001).

Aplicações típicas de hidrocolóides são apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 2: Aplicações típicas de hidrocolóides

Gelificação	Espessamento	Estabilização de emulsões
Agar	Goma karaya	Goma arábica
Alginatos	Goma tragacanth	Goma ghatti
Carragena	Pectina	Goma guar
Caseína	Amidos	Goma locusta
Gelatina	Xantana	Pectina
Pectina		Xantana
Amidos		

Fonte: CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007

Na indústria alimentícia são usados em concentrações baixas, que variam de 0,5% a 5% e geralmente não contribuem para o aroma, paladar ou valor nutritivo do produto. Exercem papel importante no controle da textura e na estabilidade de muitos alimentos industrializados, prevenindo ou retardando uma série de fenômenos físicos como a sedimentação de partículas sólidas suspensas no meio, a cristalização da água ou do açúcar, a agregação ou desagregação de partículas dispersas e a sinérese de sistemas gelificados (FREITAS *et al.*, 1996 *apud* CUNHA, 2006).

A principal característica desses polímeros é sua capacidade de modificar a reologia de soluções, além de serem, em sua maioria, multifuncionais, isto é, exibem uma combinação de propriedades que são essenciais para definir sua

aplicação final. Tais propriedades são determinadas por sua composição química, agrupamentos e ligações moleculares, seu peso molecular médio e sua distribuição (PACE, 1991, *apud* BERWANGER, 2005). Apresentam interesse por formarem uma classe de polímeros ou gomas, utilizados amplamente como espessantes, gelificantes, agentes de suspensão, colóides protetores, entre outras aplicações.

As gomas podem ser entendidas como polissacarídeos de cadeia longa, que podem ser pouco, muito ou nada ramificados, mas que devem interagir com a água. Uma goma pode ser definida em sentido amplo, como qualquer polissacarídeo solúvel em água, que pode ser extraído a partir de vegetais terrestres ou marinhos, ou de microorganismos, que possui a capacidade, em solução, de incrementar a viscosidade e/ou formar géis (ROTTAVA, 2005).

Polissacarídeos tradicionais, tais como amido, alginatos, goma arábica, goma guar e goma de algaroba são largamente empregados nas indústrias de alimentos, farmacêutica e química. No entanto, o suprimento, a qualidade e a homogeneidade destes podem, exceção feita ao amido, flutuar, por uma série de motivos, tornando-se, às vezes, um sério problema para as indústrias (MAUGERI, 2001).

Os polissacarídeos obtidos de microorganismo são uma alternativa válida, pois possuem propriedades similares aos tradicionais e, em alguns casos mais vantajosos, por possuírem propriedades específicas que o qualificam para o desenvolvimento de novos produtos. As gomas microbianas não dependem de condições climáticas, contaminação marinha ou falha na colheita, que prejudicam a oferta das gomas tradicionais e, além disso, são menos suscetíveis à variabilidade em sua qualidade, pois sua produção pode ser controlada cuidadosamente. Finalmente, em nível microbiano existem técnicas genéticas que permitirão obter

polissacarídeos com propriedades específicas. Têm como principal desvantagem o seu elevado custo, o que se deve aos processos de produção que são intensivos em capital e energia (MAUGERI, 2001).

2.1. Biopolímeros microbianos

Os polissacarídeos mais estudados nos últimos anos têm sido os de origem microbiana, chamados de biopolímeros microbianos, devido a algumas vantagens de sua obtenção em relação às outras gomas, tais como: produção independente de condições climáticas, possibilidade de utilização de matérias-primas regionais, maior rapidez na obtenção do produto acabado e necessidade de espaço relativamente pequeno. Além disso, as gomas de origem microbiana apresentam maior uniformidade em suas propriedades físico-químicas devido à especificidade do microrganismo utilizado e à possibilidade de um rígido controle dos parâmetros de fermentação, como pH, temperatura, taxa de aeração, velocidade de agitação, tempo de fermentação e composição do meio de cultura (SOUZA, 2004).

Dessa forma os polissacarídeos microbianos podem ser produzidos sob condições controladas e com espécies selecionadas, onde os problemas de variação de estrutura podem ser evitados. Além disso, os polissacarídeos microbianos apresentam alta regularidade estrutural, que é raramente encontrada em polímeros de outras fontes. Entretanto, há necessidade de um rígido controle das condições de fermentação, uma vez que diferentes parâmetros de produção levam à obtenção de produtos com características heterogêneas (SUTHERLAND, 2001).

Biopolímeros microbianos são macromoléculas formadas por monossacarídeos e derivados ácidos, podendo ser sintetizados por bactérias, fungos e leveduras (SUTHERLAND, 1982).

Nos últimos anos, muitos polissacarídeos de interesse científico e comercial passaram a ser obtidos através de fermentações microbianas. Microorganismos como fungos e bactérias produzem três tipos diferentes de polímeros de carboidratos (TONELLI, 2005):

- Polissacarídeos extracelulares ou exocelulares (exopolissacarídeos – EPS): podem ser encontrados na forma de uma cápsula discreta que envolve a célula microbiana e que é parte da própria parede celular (polissacarídeos capsulares) ou como uma massa amorfa secretada no meio em torno do microorganismo.
- Polissacarídeos estruturais
- Polissacarídeos intracelulares de armazenagem.

Os de maior interesse são os extracelulares livres, devido a sua facilidade de obtenção e menor custo para a indústria.

Além da produção, a busca por novas variedades de microrganismos que produzam polissacarídeos em grandes quantidades economicamente interessantes, é um desafio que vem sendo enfrentado por vários grupos de pesquisa em indústrias, principalmente nos países desenvolvidos como Japão, EUA, Canadá e França. Embora essa área de pesquisa tenha avançado muito nos últimos tempos, é fato reconhecido que apenas poucos microrganismos foram completamente estudados dentre a vasta gama de microrganismos produtores de biopolímeros. No Brasil, também estão sendo pesquisadas novas cepas bacterianas capazes de produzirem biopolímeros extracelulares com potencial de aplicação industrial (SOUZA, 2004).

2.1.1. Exopolissacarídeos (EPS)

Os exopolissacarídeos produzidos por uma grande variedade de microrganismos são gomas hidrossolúveis que possuem propriedades físicas, estruturais e químicas diferentes. Devido a essa ampla diversidade em estrutura e propriedades físicas, os polissacarídeos microbianos possuem muitas aplicações em indústrias de alimentos, farmacêutica, petrolífera, cosmética, têxtil, de tintas, produtos agrícolas entre outras. Algumas dessas aplicações, dependendo de sua estrutura química, incluem seu uso como emulsificantes, estabilizantes, ligantes, agentes gelificantes, coagulantes, lubrificantes, formadores de filmes, espessantes e agentes suspensores. Esses biopolímeros emergiram rapidamente como uma nova e importante fonte industrial de material polimérico e começaram gradualmente a competir, sob o ponto de vista econômico, com gomas naturais de algas marinhas e plantas (LOPES; ANDRADE; MANO; 1991; LOPES; ANDRADE, 1995, *apud* SOUZA, 2004).

A produção de polissacarídeos extracelulares (EPSs) é extremamente comum em diversos microrganismos, sendo importantes constituintes das células bacterianas, e possuem um papel crítico na interação das bactérias com o meio ambiente. Esses EPSs podem estar associados à superfície celular, como uma cápsula ao redor da célula ou serem excretados para o meio ambiente como um muco (SILVA *et al.*, 2001).

A biossíntese de EPS (exopolissacarídeos) está diretamente relacionada à capacidade de sobrevivência do microrganismo em condições adversas de meio ambiente, sendo que esses EPS desempenham diferentes papéis, que incluem: proteger o microrganismo contra desidratação; servir de barreira, impedindo que vírus e anticorpos se liguem a sítios específicos sobre a parede celular; acoplar e

neutralizar toxinas carregadas ou íons metálicos tóxicos; atuar como fonte de carbono e energia; converter o excesso de substrato em uma massa espumosa que é mais difícil de ser metabolizada por outros microorganismos; interagir com células de animais ou plantas em relações específicas, simbióticas ou patogênicas (BERWANGER, 2005).

Os EPSs, sintetizados por bactérias, vêm sendo estudados com visível interesse devido suas propriedades reológicas, que, em muitos casos, superam as características funcionais dos polissacarídeos de origem vegetal. Alguns são amplamente utilizados como espessantes, gelificantes, estabilizantes e, em alguns casos, como emulsificantes e colóides protetores (SANDERSON & CLARK, 1983; RINAUDO, 1993, *apud* PADILHA, 2003). Esses polissacarídeos de cadeia complexa são capazes de formar soluções viscosas e géis em meio aquoso mesmo em baixas concentrações.

As propriedades reológicas são determinadas por sua composição química, grupamentos e ligações moleculares, seu peso molecular médio e sua distribuição. Os EPS microbianos podem ser polímeros de monossacarídeos aniônicos, neutros e catiônicos ou derivados destes e, frequentemente, contêm grupos laterais como acetato, piruvato, succinato, componentes lipídicos, nitrogênio orgânico ou íons inorgânicos. O grau de substituição destes grupos laterais tem um importante efeito sobre as propriedades dos polímeros (BERWANGER, 2005).

Vários EPS microbianos já são aceitos como produtos biotecnológicos e, embora apresentem muitas vantagens, o custo de produção para a maioria deles ainda é relativamente alto quando comparado àqueles obtidos de vegetais e algas marinhas, devido aos processos de produção, intensivos investimentos em capital e energia. Assim, existem poucos microorganismos que produzem EPS com

rendimentos satisfatórios para desenvolvimento em escala industrial e, conseqüentemente, sua exploração comercial ainda é baixa. Entretanto, para alguns polímeros, a relação custo/benefício justifica a produção, por serem propriedades químicas e físicas únicas ou superiores às dos polissacarídeos tradicionais, como por exemplo, a alta viscosidade, o maior poder gelificante, a compatibilidade com uma grande variedade de sais em ampla faixa de pH e temperatura, a estabilidade em elevadas concentrações iônicas, a alta solubilidade em água e, também, a ação sinérgica com outros polissacarídeos.

2.2. Mercado

Os amidos dominam o mercado de hidrocolóides. Excluindo-se amidos, o mercado global de hidrocolóides foi de US\$ 7,0 bilhões em 2006. Em comparação com outros hidrocolóides, amidos e seus derivados têm um valor médio inferior, com mercado de US\$ 12 bilhões, o que dá um mercado global de hidrocolóides de US\$ 19 bilhões. Entre 2006 e 2011, a taxa de crescimento estimada para os hidrocolóides é de 3,0 – 4,0% por ano. Alguns hidrocolóides deverão ultrapassar essa taxa de crescimento, tais como xantana e carragena.

Mundialmente, a indústria alimentícia é o maior consumidor de hidrocolóides, seguida pela indústria do petróleo e aplicações farmacêuticas.

A tabela a seguir apresenta o consumo mundial de hidrocolóides por região em 2006.

Tabela 3: Consumo mundial de hidrocolóides – 2006 (1000 TM)

	América do Norte	Europa	China	Japão	Ásia – outros	Resto do mundo	Total
Amidos e derivados	3985	9400	871,8	1110	nd ^(*)	nd ^(*)	15366,8
Market share	25,9%	61,1%	5,7%	7,3%	nd^(*)	nd^(*)	100%
Outros hidrocolóides	316,3	411,3	66,5	54,2	37,5	76,9	962,7
Caseína	66	175	nd ^(*)	15,9	6,4	6,6	269,9
Gelatina	66,5	125	35	15	nd ^(*)	22,8	264,3
Goma guar e derivados	94,3	36	nd ^(*)	5,5	21,4	--	157,2
Goma xantana	27,2	10,6	17,5	1,7	nd ^(*)	9,1	66,1
Alginatos	13,2	8,5	12	2,8	2,4	8	46,9
Goma arábica	16,3	24	nd ^(*)	1,8	0,8	2	44,9
Carragena	19,3	9,9	nd ^(*)	1,3	nd ^(*)	0,9	31,4
Goma de alfarroba	2,7	6	nd ^(*)	1,1	nd ^(*)	19,6	29,4
Pectina	6,1	15	nd ^(*)	2,6	0,5	4,1	28,3
Agar	1,4	1,3	2	3	nd ^(*)	3,8	11,5
Outros	3,3	nd ^(*)	nd ^(*)	3,5	6	--	12,8
Market share	33%	43%	7%	5%	4%	8%	100%
Total	4301,3	9811,3	938,3	1164,2	37,5	76,9	16329,5

(*) nd = não disponível

Fonte: CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007

Capítulo 3 – Goma Xantana

Goma Xantana, o exopolissacarídeo microbiano produzido por *Xanthomonas campestris*, é o mais comercialmente aceito. Este biopolímero é aplicado em alimentos e outros segmentos como agente espessante, estabilizante, emulsificante, e em sinergismo com outras gomas pode atuar como gelificante (LÓPEZ *et al.*, 2001).

A goma xantana é um polissacarídeo natural e um importante biopolímero industrial. Foi descoberta na década de 1950 e comercializada a partir da década de 1960 (GARCIA-OSHOA *et al.*, 2000).

Foi o segundo polissacarídeo microbiano a ser comercializado e o primeiro utilizado na indústria de alimentos como espessante, emulsificante, estabilizante e agente de suspensão, aprovado pelo FDA (Food and Drugs Administration) em 1969. No Brasil, a adição de xantana em alimentos é permitida desde 1965, pelo Decreto Lei número 55.871, da Legislação Brasileira de Alimento.

É um polissacarídeo de elevado interesse industrial, principalmente para a indústria de alimentos, farmacêutica e petroquímica. O interesse deve-se às suas propriedades físico-químicas que superam todos os outros polissacarídeos disponíveis no mercado. Dentre estas propriedades destaca-se a sua elevada viscosidade em baixas concentrações (0,05-1%), devido a sua estrutura ramificada e seu alto peso molecular, bem como estabilidade em ampla faixa de temperatura e pH (GARCIA-OSHOA *et al.*, 2000).

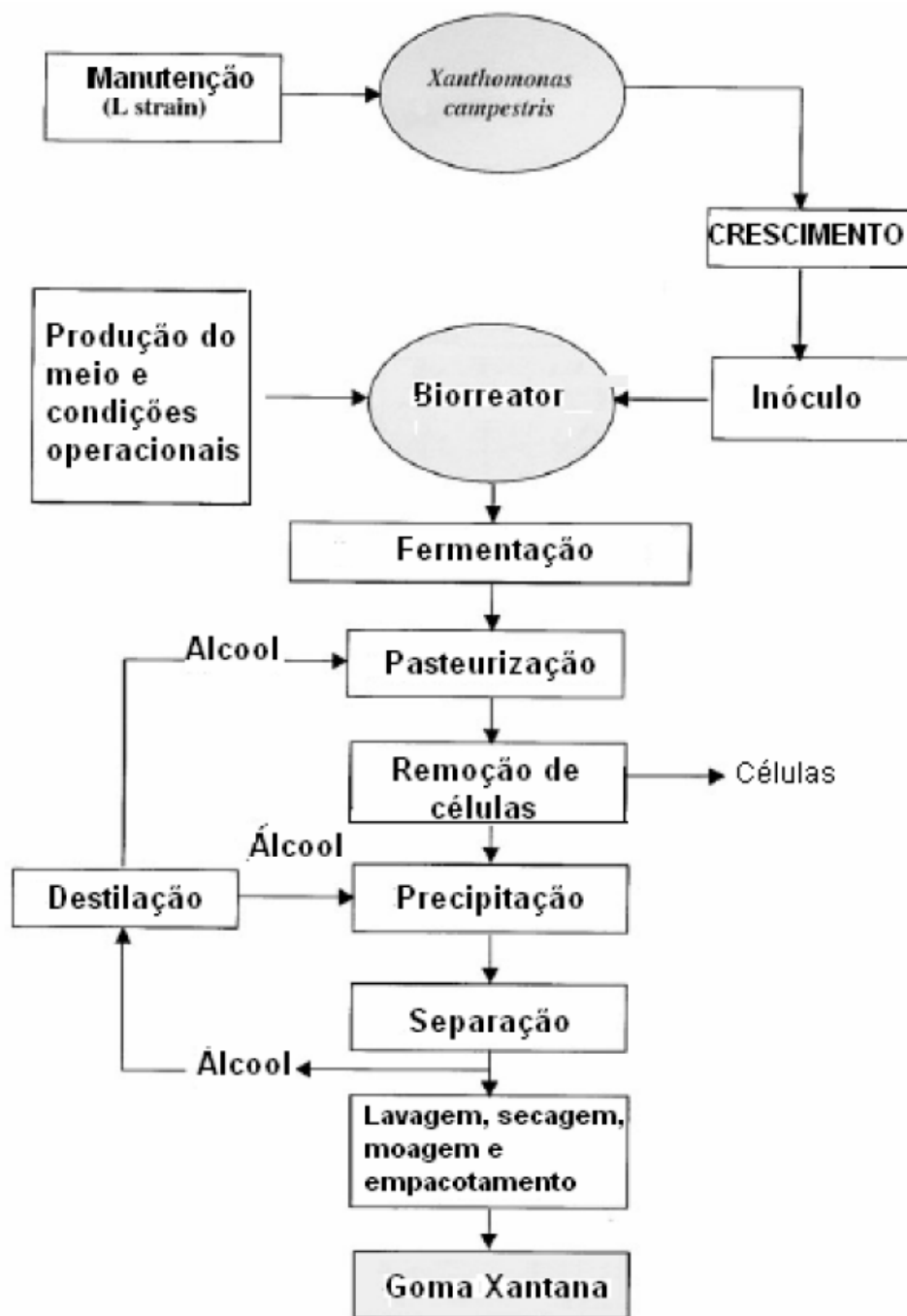
3.1. Processo de obtenção

A goma xantana é produzida pelo cultivo de *Xanthomonas campestris* em meio contendo carboidratos. A produção industrial é realizada em batelada (duração aproximada de 80 horas), utilizando-se altas aerações e agitações. O meio de cultivo é elaborado com uma fonte de carbono (glicose ou sacarose), uma fonte de nitrogênio (extrato de levedura, peptona, nitrato de amônia ou uréia) e sais. O pH de cultivo é próximo da neutralidade e a temperatura é mantida em torno de 28°C. A taxa de oxigenação requerida é de 1,5-3,5 mM O₂/L/Min. Um bom nível de aeração é necessário para uma boa produção de goma em processos fermentativos, uma vez que ocorre aumento acentuado da viscosidade do meio durante a fermentação.(WOICIECHOWSKY, 2001, *apud* PRADELLA, 2006).

O processo de obtenção é mostrado na figura 1. Primeiro, a linhagem microbiana selecionada é mantida por um longo período de armazenamento para manter as propriedades desejadas. Uma pequena quantidade da cultura preservada é expandida por crescimento em superfície sólida a fim de se obter o inóculo para ser usado em grandes reatores. O crescimento do microrganismo, bem como a produção de xantana são influenciados por fatores como o tipo de biorreator utilizado, o modo de operação (batelada ou contínuo), a composição média e as condições de cultura (temperatura, pH, concentração de oxigênio dissolvido). Quando a fermentação termina, o caldo contém xantana, células bacterianas, e outras substâncias químicas. O caldo pode ser esterilizado para eliminar as células e melhorar as características da goma em solução. A etapa de esterilização é importante pois, como a xantana é um polissacarídeo poderia, eventualmente acabar sendo consumida pelos microorganismos como fonte de

carbono, o que levaria à perda de produto. A xantana é então precipitada com álcool ou sais quaternários de amônio ou separada por ultrafiltração (LIMA *et al*, 2001, *apud* ROTTAVA, 2005). GARCIA-OCHOA *et al.* (2000) apresentaram um processo de recuperação que envolve etapas de desativação ou lise das células, através de processos químicos, mecânicos ou térmicos; remoção das células por filtração (se necessário, fazer a diluição antes da filtração) ; recuperação do polímero por precipitação com solventes orgânicos (etanol, isopropanol, acetona) ; separação precipitado/solvente, o precipitado deverá ser lavado várias vezes com o solvente que posteriormente é evaporado; secagem do biopolímero em secadores contínuos ou em batelada , a vácuo ou em circulação forçada de gás inerte.

Figura 1: Processo de obtenção da goma xantana



Fonte: PRADELLA, 2006

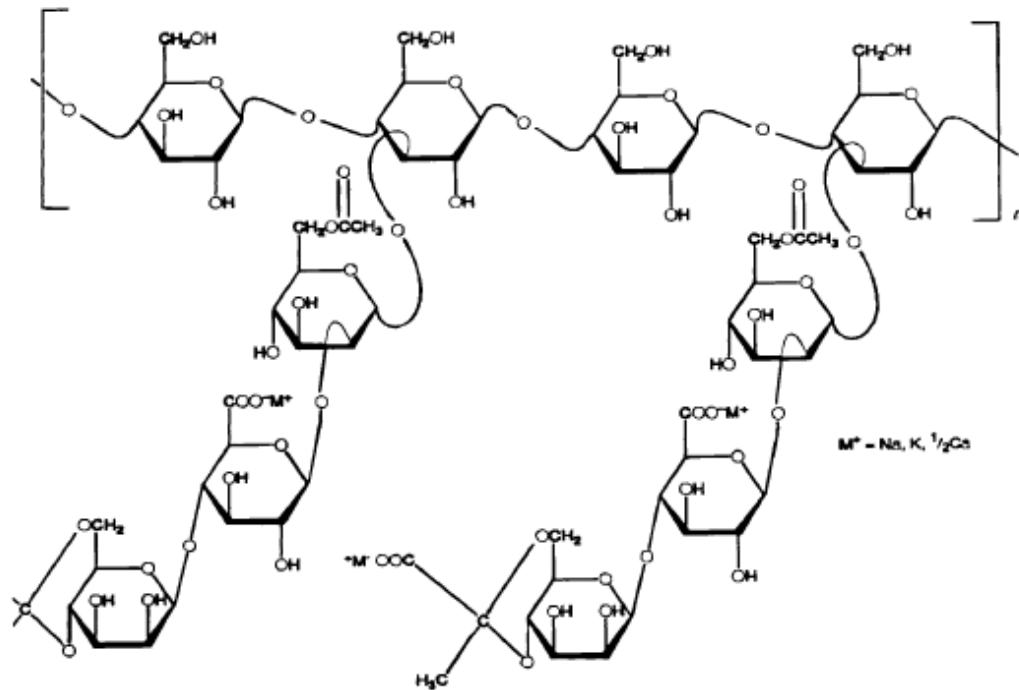
3.2. Estrutura e características

A goma xantana é um biopolímero produzido por bactérias gram-negativas do gênero *Xanthomonas* (PAPAGIANNI *et al.*, 2001). Possui estrutura primária formada por unidades repetidas de pentassacarídeos formados por duas unidades de glicose, duas unidades de manose e uma unidade de ácido glucurônico. A massa molecular e o número de substituições com grupamentos piruvato e acetila dependem da linhagem de *Xanthomonas campestris*, da composição do meio de cultura e das condições operacionais usadas (GARCÍA-OCHOA *et al.*, 2000).

A xantana é um polímero do tipo poli- β -(1 \rightarrow 4)-D-glicopirranose, assemelhando-se à celulose, mas com ramificações alternadas nas posições C-3, constituídas por três açúcares. O peso molecular da xantana varia de 2 a 12×10^6 Da, dependendo da preparação da amostra e do método utilizado na análise.

As moléculas de goma xantana que adotam uma conformação helicoidal (simples ou dupla-hélice) podem ser descritas como hastes rígidas sem tendência para associar-se resultando num comportamento de um espessante. Como as mais importantes propriedades são devidas ao estado ordenado da macromolécula, a goma xantana pode sempre ser usada na presença de eletrólitos. A seguir, a figura 2 mostra a estrutura primária da goma xantana.

Figura 2: Estrutura primária da goma xantana



Fonte: GARCIA-OSHOA *et al.*, 2000

Embora não seja um agente de gelificação, a goma xantana pode formar gel elástico e termorreversível quando combinado com a goma locusta. Altas viscosidades são encontradas quando combinadas com a goma guar. A goma xantana é completamente solúvel em água gelada ou quente, produz altas viscosidades a baixas concentrações e apresenta excelente estabilidade ao calor e variações do valor de pH. A viscosidade permanece inalterada variando a temperatura de 0 a 100°C e em valores de pH entre 1 a 13.

3.3. Aplicações

As aplicações da goma xantana são muitas, devido às suas características, desde sua utilização na indústria de alimentos e farmacêutica até na indústria de petróleo.

A goma xantana tem sido usada em uma grande variedade de alimentos por inúmeras razões, incluindo a estabilização de emulsões, estabilidade térmica, compatibilidade com ingredientes alimentícios e por sua propriedade reológica pseudoplástica, ou seja, a viscosidade diminui com o aumento da deformação do fluido, tendo encontrado aplicações como estabilizante em substitutos de clara de ovos, em molhos prontos, congelados, sucos de frutas e coquetéis, sobremesas instantâneas. A goma também funciona como estabilizante em sorvetes e adiciona corpo e previne aderência em géis de frutas. A presença de cadeias laterais e o caráter iônico nas moléculas de xantana aumentam a sua hidratação. Mas devido às interações com íons de cálcio, um longo tempo de agitação é necessário para dissolver a goma xantana em meios lácteos.

Fora da indústria de alimentos incluem agente de suspensão e espessante em formulações farmacêuticas e cosméticos. Pode também ser usada em impressão em tecidos, suspensão de compostos químicos de uso agrícola e na indústria do petróleo (ROTTAVA, 2005).

É o biopolímetro mais utilizado na recuperação terciária do petróleo, não tendo até o momento nenhum outro em escala comercial que supere suas qualidades. A goma xantana tem sido usada junto com hidróxido de sódio e surfactantes na técnica conhecida como APS (álcali-polímetro-surfactante) (NAVARRETE *et al.*, 2001; NAVARRETE & SHAH, 2001 *apud* ROTTAVA, 2005).

Tabela 4: Principais usos da goma xantana

Aplicação	Concentração (% p/p)	Função
Molhos para salada	0,1 – 0,5	Estabilizante de emulsão; agente de suspensão; dispersante
Misturas secas	0,05 – 0,2	Facilita dispersão em água quente ou fria
Xaropes, coberturas, relishes, molhos	0,05 – 0,2	Espessante; estabilidade térmica e viscosidade uniforme
Bebidas	0,05 – 0,2	Estabilizante
Produtos lácteos	0,05 – 0,2	Estabilizante; controle de viscosidade
Mercadorias cozidas	0,1 – 0,4	Estabilizante
Alimentos congelados	0,05 – 0,2	Melhora a estabilidade congelar/descongelar
Produtos farmacêuticos (cremes e suspensões)	0,1 – 1,0	Estabilizante de emulsões; uniformidade na dosagem de formulações
Cosméticos (shampoos, loções)	0,2 – 1,0	Espessante e estabilizante
Agricultura (aditivos em ração animal e formulações de pesticidas)	0,03 – 0,4	Estabilizante
Impressão têxtil e tingimentos	0,2 – 0,5	Controle das propriedades reológicas da pasta; prevenção de migração do corante
Esmaltes cerâmicos	0,3 – 0,5	Previne aglomeração durante a moagem
Produção de petróleo	0,1 – 0,4	Lubrificante ou redução de atrito em perfuração
Recuperação melhorada de petróleo	0,05 – 0,2	Reduz a mobilidade da água através do aumento da viscosidade e diminuição da permeabilidade

Fonte: GARCIA-OSHOA *et al.*, 2000

No capítulo 4 os usos e aplicações da goma xantana serão abordados mais profundamente.

Capítulo 4 - Usos e Aplicações

As propriedades toxicológicas e de segurança da goma xantana foram investigadas intensamente para determinar sua aplicação em alimentos e fármacos. A goma xantana não é tóxica, não provoca sensibilização nem irritação ocular e da pele (GARCÍA-OCHOA *et al.*, 2000). A FDA (Food and Drug Administration) dos EUA aprovou em 1969 como aditivo alimentício. Em 1980 a comunidade econômica européia agregou a goma xantana à lista de emulsificantes/estabilizantes alimentícios permitidos (MORRIS, 1984, apud FORNARI, 2006).

A aplicação da goma xantana em inúmeros segmentos industriais entre eles alimentos, fármacos, químico, petroquímico deve-se, principalmente, às suas propriedades reológicas que permitem a formação de soluções viscosas a baixas taxas de concentração (0,05-1%) e ampla faixa de estabilidade a pH, temperatura e concentração de sais, características conferidas devido à sua estrutura ramificada e seu alto peso molecular (GARCÍA_OCHOA *et al.*, 2000; BERWANGER 2005). Por estas razões a goma xantana tem sido bastante empregada na indústria alimentícia e petrolífera, e apesar do preço mais elevado por unidade de peso, é menor quando comparado por unidade de viscosidade obtida (MAUGERI, 2001).

A goma xantana deverá, provavelmente, continuar sendo o polímero mais utilizado nos próximos anos, devido às suas características reológicas singulares.

Dentre os vários segmentos de aplicação, destacam-se:

Nas **indústrias farmacêutica e cosmética**, é utilizada como espessante em cremes dentais, pomadas, xampus e loções, apresentando a vantagem de possuir compatibilidade com sais minerais e a capacidade de suspender pigmentos insolúveis.

Na **indústria petrolífera**, é considerada um produto estratégico, por ser utilizada na lubrificação das brocas de perfuração e também na recuperação terciária de poços de petróleo para reduzir a permeabilidade da água ao aumentar sua viscosidade (COTTRELL & KANG, 1978, *apud* FORNARI, 2006), processos já utilizados na Arábia Saudita e na China e que são adotados também pela Petrobras.

Na **indústria alimentícia**, a goma xantana tem sido empregada numa variedade de produtos devido às suas características, incluindo a estabilização de emulsões, estabilidade térmica, compatibilidade com ingredientes alimentícios e suas propriedades reológicas (GARCÍA-OCHOA *et al.*, 2000). Ela encontra aplicações em molhos prontos (*French dressings*), alimentos congelados, suco de frutas e coquetéis, sobremesas instantâneas, produtos cárneos, etc

Na **indústria do tabaco**, a goma xantana é utilizada como agente aglutinador de tabaco fragmentado na produção de folhas de tabaco reconstituídas. Estas folhas flexíveis retêm as características de sabor e aroma do tabaco, se misturando com as folhas originais.

Na **indústria do papel**, atua como agente de retenção de umidade em processos de manufatura de papel, além de corrigir irregularidades em prensas e calandras.

Na **indústria de mineração**, é utilizada como agente floculante no processo de separação de líquidos e sólidos através de filtração, sedimentação e clarificação, acelerando a sedimentação dos lodos suspensos e facilitando a sua remoção.

Na **agricultura** a goma xantana é utilizada em suspensões, como agente estabilizante para herbicidas, pesticidas, fertilizantes e fungicidas (LUVIELMO, 2007).

No **tratamento de água**, as gomas atuam em conjunto com agentes coagulantes, tais como sulfato de alumínio e de ferro, aumentando o tamanho dos flocos e auxiliando na sedimentação de impurezas sólidas.

4.1. Indústria farmacêutica e de cosméticos

A goma xantana é usada como um espessante e estabilizador em produtos de higiene pessoal, como cremes, géis e principalmente creme dentais. Também é utilizada em emulsões ou suspensões para uso farmacêutico pois impede a separação dos componentes insolúveis, por exemplo, sulfato de bário em contrastes de raios-X (CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007).

4.2. Indústria petrolífera

A alta viscosidade das soluções e a solubilidade em água da goma xantana têm assegurado importantes aplicações na indústria de petróleo, onde é habitualmente usada em processo de perfurações, para recuperação de óleo, principalmente como viscosificante de fluidos de perfuração (NAVARRETE *et al.*, 2001a; NAVARRETE, 2001b; NAVARRETE *et al.*, 2000, *apud* ROTTAVA, 2005; GARCÍA-OCHOA *et al.*, 2000).

Os fluidos de perfuração são de uma maneira geral sistemas multifásicos, que podem conter água, material orgânico, sais dissolvidos e sólidos em suspensão nas mais diversas proporções. Esses fluidos são indispensáveis durante as atividades de perfuração de um poço, pois desempenham uma série de funções essenciais,

tais como: resfriar e lubrificar a broca e o tubo de perfuração, exercer pressão nas paredes do poço para estabilizá-lo, auxiliar a suspensão de cascalho gerado durante a perfuração e formar uma torta de filtração que sele poros e outras aberturas nas formações penetradas pela lama. Para satisfazer essas exigências, o fluido de perfuração deve possuir propriedades físico-químicas que possam ser cuidadosamente controladas (THOMAS, 2004).

Os polímeros mais utilizados na formulação de fluidos de perfuração base água eram a carboximetilcelulose – CMC, celulose polianiônica – PAC e poli(acrilamida parcialmente hidrolisada) – PHPA. Entretanto, estes polímeros são muito sensíveis a condições de alta salinidade e especialmente a presença de cátions multivalentes como Ca^{2+} e Mg^{2+} , baixando sua eficiência. Desta forma a goma xantana passou a ser amplamente utilizada para este propósito, pois suas soluções são estáveis à presença de CaCl_2 entre valores de pH 6 a 10 (XIE; LECOURTIER, 1992). Nos fluidos de perfuração a xantana pode ser utilizada isoladamente ou em combinação com espessantes tradicionais ou bentonita (SHAH; ASHTAPUTRE, 1999, *apud* BORGES, 2007).

Além da boa estabilidade contra sais, a goma xantana também promove estabilidade versus temperatura e funciona como protetor de superfície do cabeçote dos perfuradores.

A goma xantana também pode ser aplicada no processo de recuperação terciária de petróleo. Este processo utiliza energia química e térmica para recuperar o óleo cru que fica armazenado nos poros dos reservatórios rochosos após o término da produção primária e secundária. O residual de óleo cru nos reservatórios perfaz ao redor de 67% do total das reservas de petróleo, indicando a relativa

ineficiência da produção primária e secundária (BRYANT, 1987, *apud* BORGES, 2007).

4.3. Indústria alimentícia

A goma xantana tem sido usada em uma extensa variedade de alimentos, por apresentar importantes propriedades, como: espessante de soluções aquosas, agente dispersante, estabilizadora de emulsões e suspensões, estabilizadora da temperatura do meio, propriedades reológicas e pseudoplásticas e compatibilidade com ingredientes alimentícios (KIOSSEOGLU *et al.*, 2003; KATZBAUER, 1998). Quando utilizada em baixas concentrações, gera estabilidade na estocagem, capacidade de resistência à água e apelo estético (NUSSINOVITCH, 1997; LUVIELMO, 2007).

Por ser atóxica, a goma xantana é aprovada pelo FDA para uso alimentar e na legislação brasileira, através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

É comumente encontrada em molhos e temperos para saladas, em caldos, maioneses, condimentos, sopas, gelatinas, alimentos congelados, derivados lácteos (exemplos: iogurtes, queijos), mousses, alimentos instantâneos, amanteigados, sorvetes, pães industrializados, sucos de frutas, geléias, frutas em conserva, petiscos, hambúrgueres, salsichas e alimentos para animais, aumentando a ação de outros hidrocolóides e modificando a textura, produzindo efeito espessante.

A goma xantana para uso FDA (Food and Drug Administration) não possui diferenças relevantes para a usada na indústria de petróleo. Na verdade, a goma xantana é utilizada para ambos os segmentos, devido às suas características

atóxica e reológica. Existem algumas especificações da FDA, no anexo 1, para a sua utilização.

A goma xantana é altamente estável em ampla faixa de pH e de temperatura, mesmo na presença de sais, o que a torna um excelente estabilizante para alimentos, como cremes, sucos artificiais, molhos para saladas, carne, frango ou peixe, assim como para xaropes e coberturas para sorvetes e sobremesas. Ainda apresenta compatibilidade com a maioria dos colóides usados em alimentos, incluindo o amido. Fato que a torna ideal para a preparação de pães e outros produtos para panificação (SCAMPARINI *et al.*, 2000; NUSSINOVITCH, 1997, *apud* LUVIELMO, 2007).

Capítulo 5 – Avaliação de mercado

5.1. Mercado Mundial

Do ponto de vista comercial, a goma xantana é o polissacarídeo microbiano mais importante, sua produção mundial é de cerca 40.000 a 50.000 toneladas/ano, movimentando um mercado da ordem de 270 milhões de dólares. Os principais produtores mundiais de goma xantana são: CP Kelco (Estados Unidos e na Inglaterra), JungBunzlauer (Suíça), Danisco (França) em outubro de 2003, Degussa (França), ADM – Archer Daniels Midland (Estados unidos) e companhias chinesas, tais como a Chinese Henan Tianguan Group Co (China).

Em outubro de 2003 a Danisco (França) adquiriu o controle da Rhodia Food (EUA) na parte de gomas. Em março de 2004, a empresa finalizou uma joint venture com a Chinese Henan Tianguan Group Co para a produção de goma xantana na China. Estas ações fizeram com que a empresa conquistasse uma posição significativa no mercado de goma xantana. (PRADELLA, 2006; CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007)

Tabela 5: Consumo mundial de goma xantana (2006)

Consumo mundial de goma xantana (1000 TM)					
América do Norte	Europa	China	Japão	Outros países	Total
27,2	10,6	17,5	1,7	9,1	66,1

Fonte: CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007

5.1.1. EUA

O consumo estimado de goma xantana nos EUA em 2006 em todas as aplicações foi cerca de 24.000 toneladas. A tabela 6 mostra o consumo de goma xantana nos mais importantes segmentos em alguns anos, incluindo uma estimativa para 2001 e a taxa de crescimento anual de 2006 a 2011. No campo de óleos a goma xantana é usada para fluidos de perfuração e também em produtos domésticos de limpeza e polimento.

Tabela 6: Consumo de goma xantana nos EUA

Consumo de goma xantana nos EUA (1000 TM)				
Segmento	2003	2006	2011	Taxa de crescimento anual de 2006 - 2011 (em %)
Alimentos	11,9	12,8	14,1	2
Óleos	5,4	7,9	10,5	*1
Comida para animais	1	1,1	1,2	--
Têxtil	0,5	0,4	0,5	0
Outros *2	2,4	2,5	3	3,7
TOTAL	21,2	24,7	29,3	3,5

Fonte: CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007

*1 O crescimento do consumo da xantana no segmento de óleos é volátil, por esse motivo a previsão de consumo é difícil.

*2 Incluindo farmacêutico e produtos de cuidado pessoal.

A tabela 7 mostra os preços da goma xantana nos EUA nos anos de 1998, 2001 e 2003.

Tabela 7: Preços da goma xantana nos EUA

Preços de goma xantana nos EUA (dólar/Kg)		
Ano	Grau Industrial	Grau Alimentício
1998	11,02 - 13,23	13,62
2001	11,02 - 13,23	13,62
2003	--	9,92 - 12,12
2006	5,00 - 7,00	7,00 - 9,00
2007	5,00 - 7,00	7,00 - 9,00

Fonte: CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007

Observa-se que o preço da goma vem diminuindo ao longo dos anos, o que pode ser explicado principalmente pelo aumento da sua produção e comercialização.

Os possíveis segmentos de crescimento da goma xantana incluem o agrícola e o farmacêutico, que podem tornar os preços da goma xantana competitivo quando comparado a outros polímeros solúveis em água.

5.1.2. Europa

Os dados aqui mencionados incluem os 15 países da União Européia, Noruega e Suíça.

O Consumo europeu em 1997, 2003, 2006 e a projeção de crescimento para o período 2006-2011 seguem na tabela 8:

Tabela 8: Consumo europeu de goma xantana (1000t)

Consumo europeu de goma xantana (1000 TM)			
1997	2003	2006	Taxa de crescimento anual de 2006 - 2011 (em %)
6,3	8,5	10,4	3 - 4

Fonte: CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007

A tabela 9 mostra o consumo europeu por segmento da goma xantana.

Tabela 9: Consumo Europeu por segmento em 2006

Consumo europeu de goma xantana - 2006 (1000 TM)	
Alimentos	7
Pasta de dentes	1,7
Têxtil	0,2
Óleos de perfuração	0,5
Outros	1
Total	10,4

Fonte: CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007

A tabela 10 mostra as empresas europeias produtoras de goma xantana.

Dentre elas destaca-se a CP Kelco, líder mundial em goma xantana.

Tabela 10: Empresas europeias produtoras de goma xantana

Goma Xantana
Áustria
<i>Jungbunzlauer Ges.m.b.H.</i>
França
<i>Danisco France SAS (Rhodia S.A.)</i>
<i>Cargill France S.A.</i>
Inglaterra
<i>CP Kelco</i>

Fonte: CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007

O preço referente ao ano de 2006 foi de 4 a 6 euros por kilograma.

A goma xantana tem apresentado um ótimo crescimento na Europa, cerca de 4-6% ao ano, desde 1991. A indústria alimentícia é a que tem mais contribuído para tal resultado.

5.1.3. China

A China é o maior país do mundo em produção e exportação de goma xantana. Nos últimos anos a capacidade de produção e consumo interno de goma xantana têm aumentado significativamente.

A atual capacidade de produção anual chinesa é estimada em 50-55 mil toneladas. Durante os últimos cinco anos, os mais importantes fabricantes de hidrocolóides do mundo têm estabelecido bases de produção de goma xantana na China, atualmente, existem mais de oito fabricantes de goma xantana na China. A produção chinesa de goma xantana em 2006 foi estimada em 30-35 mil toneladas.

A tendência é de que o consumo e a produção chinesa continuem a aumentar ao longo dos próximos cinco anos. O principal segmento de consumo foi o de alimentos na China. Uma pequena quantidade de xantana foi consumida no segmento de petróleo e produtos de higiene pessoal. O preço de xantana na China estava entre US \$ 5,5 e 7,7 dólares por quilo em 2006.

5.2. Mercado Nacional

No Brasil a goma xantana apresenta um baixo custo de produção, portanto mostra-se com um grande potencial para a fabricação deste biopolímero em escala industrial, já que dispõe de matéria-prima básica para a produção: açúcar, extrato de levedura e álcool do setor sucro-alcooleiro.

5.2.1. Exportação e Importação Brasileiras

As tabelas 11 e 12 abaixo mostram a evolução das exportações e importações brasileiras nos últimos dez anos, de 1997 a 2007.

Tabela 11: Exportação Brasileira de Goma Xantana (NCM:3913.90.20) de 1997 a 2007

Exportação 1997 - 2007		
Ano	US\$ FOB	Peso Líquido(Kg)
1997	0	0
1998	4.680	400
1999	0	0
2000	18.569	808
2001	39.637	4.394
2002	123.502	13.101
2003	30.827	3.370
2004	85.614	11.029
2005	233.967	28.301
2006	88.446	8.872
2007	289.608	32.621

Fonte: Sistema Alice

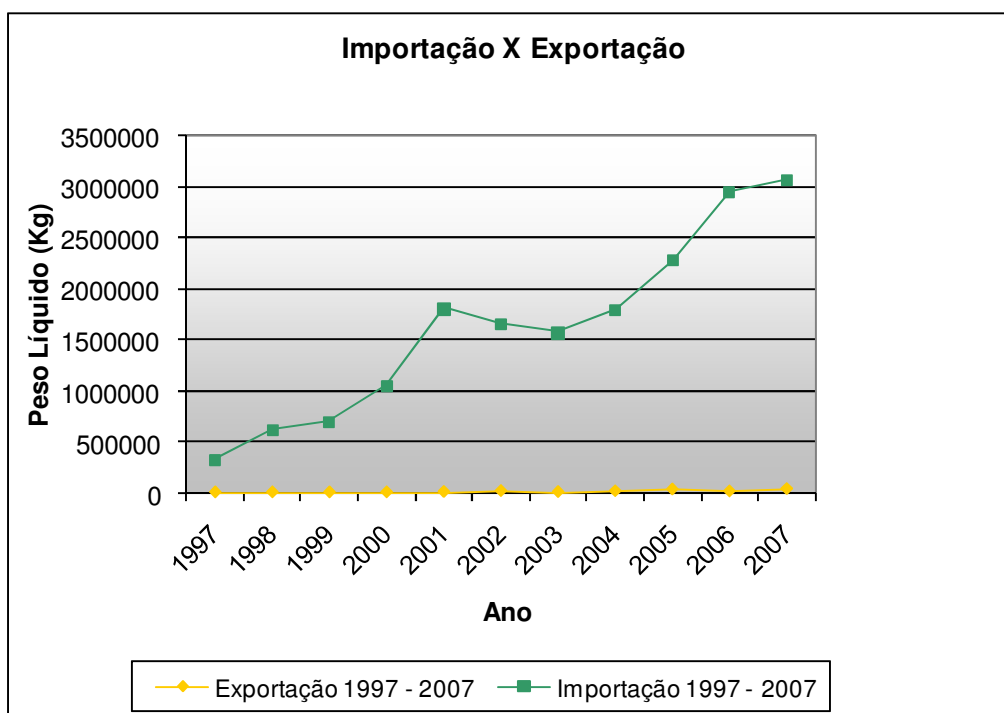
Tabela 12: Importação Brasileira de Goma Xantana (NCM:3913.90.20) de 1997 a 2007

Importação 1997 - 2007		
Ano	US\$ FOB	Peso Líquido(Kg)
1997	3.175.922	325.071
1998	6.345.359	610.436
1999	6.696.450	689.349
2000	8.523.334	1.051.822
2001	13.614.158	1.802.671
2002	11.831.937	1.640.782
2003	11.066.898	1.565.602
2004	12.088.326	1.778.241
2005	15.141.381	2.257.027
2006	15.528.065	2.945.147
2007	16046273	3.034.842

Fonte: Sistema Alice

A partir das tabelas anteriores e do gráfico 1 abaixo, observa-se que houve um expressivo aumento das importações brasileiras nesse período, com um crescimento de 89,3%.

Gráfico 1: Importação X Exportação brasileiras de goma xantana



Fonte: Sistema Alice WEB

Analisando o gráfico, nota-se a importância de uma produção nacional de goma xantana, visto que o Brasil importa quase que 100 % de toda a goma xantana consumida, e que a importação vem crescendo ao longo dos últimos anos.

5.2.2. Balança comercial

Tabela 13 : Balança comercial Brasileira de Goma Xantana (NCM:3913.90.20) – 2006

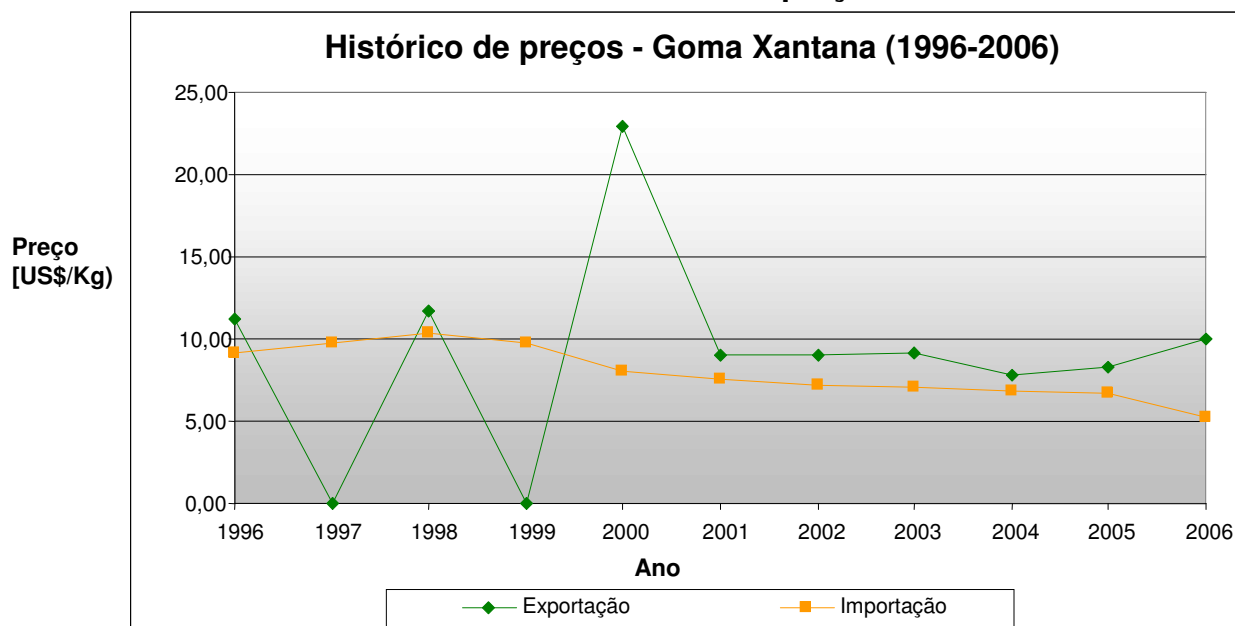
Valores em US\$ FOB				
Mês/2006	Exportação	Importação	Saldo	Corrente de Comércio
JAN	15.536	2.049.333	-2.033.797	2.064.869
FEV	63.359	969.225	-.905.866	1.032.584
MAR	94.023	1.733.939	-1.639.916	1.827.962
ABR	13.947	1.344.685	-1.330.738	1.358.632
MAI	5.808	1.162.084	-1.156.276	1.167.892
JUN	3.529	981.607	-.978.078	985.136
JUL	69	1.431.569	-1.431.500	1.431.638
AGO	17.615	1.127.085	-1.109.470	1.144.700
SET	11.404	1.061.136	-1.049.732	1.072.540
OUT	10.705	1.161.460	-1.150.755	1.172.165
NOV	39.142	1.682.567	-1.643.425	1.721.709
DEZ	14.471	1.341.583	-1.327.112	1.356.054
Acumulado	289.608	16.046.273	-15.756.665	16.335.881

Fonte: Sistema Alice

5.2.3. Histórico de preços

O gráfico 2 mostra um histórico de preços da goma xantana.

Gráfico 2: Histórico de preços



Fonte: Sistema Alice

5.3. Evolução do Mercado

A goma xantana é considerada um polissacarídeo de referência, por ser relativamente barato devido à alta conversão do substrato em polímero (60 a 70%) e devido a sua aplicabilidade industrial, sendo as principais áreas a alimentícia, a farmacêutica e a industrial.

O mercado atual de xantana é da ordem de US\$ 270 milhões /ano com produção de cerca de 40.000 a 50.000 t/ano de produto. O crescimento da demanda da goma xantana no mercado mundial está estimada a uma taxa contínua de 5 a 10 % ao ano.

As aplicações existentes para os polissacarídeos são tão numerosas e diversas, que juntas, constituem um mercado substancial e em crescimento.

A goma xantana é considerada estratégica na indústria de petróleo, por ser utilizada na lubrificação das brocas de perfuração e também na recuperação secundária de poços de petróleo, processos já utilizados na Arábia Saudita e na China e que são adotados também pela Petrobras. E também como estabilizante e espessante, o produto também é usado nas áreas alimentícia, cosmética, farmacêutica, têxtil, agroquímica, cerâmica e limpeza.

Uma lista mais abrangente destas aplicações seria semelhante a um catálogo das necessidades de uma sociedade economicamente desenvolvida e orientada para as necessidades do consumidor - variando de alimentos, cosméticos, detergentes (e todas as embalagens necessárias) até materiais de construção, tintas, têxteis, produtos para a indústria automobilística e muitos outros produtos industriais. Assim, quanto mais as nações evoluírem em direção a maiores

desenvolvimentos econômicos e sociais, maiores serão as necessidades destes produtos - e seus constituintes.

Os números e evolução do mercado não são muito precisos, mas estima-se que a sua taxa de crescimentos seja de cerca de 5% a 10% ao ano, prevendo-se mercado para 2015 de 80.000 t/ano e US\$ 400 milhões /ano. A grande competitividade do mercado tem produzido, porém uma queda do preço de comercialização deste insumo.

Áreas de grande potencial de utilização, bastante conhecidas, mas ainda pouco exploradas, como a recuperação de petróleo, pode ser importante no futuro com o aumento do custo de exploração de óleo e diminuição do preço deste polissacarídeo.

Os outros polissacarídeos possuem mercados ainda muito pequenos e evolução pouco expressiva (PRADELLA, 2006).

5.4. Rotas de Produção de Goma Xantana

5.4.1. Matérias-primas e custos de produção

O custo do meio de fermentação representa um fator crítico na produção comercial de xantana e o uso de substratos alternativos mais baratos pode resultar em menor custo do produto final. Um problema importante relacionado com a produção de xantana deve-se à instabilidade das linhagens de *X. campestris*, resultando numa variação de peso molecular do polissacarídeo, assim como no grau de piruvitação e acetilação. Assim, a construção da *X. campestris*

geneticamente modificada capaz de utilizar meios de fermentação mais baratos tem sido objeto de estudo.

No Brasil, o grande interesse de produção de goma Xantana despertou o interesse de pesquisas que melhorassem geneticamente as linhagens produtoras da goma, visando aumentar a sua produção e qualidade. Estudos dos genes responsáveis pela síntese de goma Xantana vêm sendo realizados há muitos anos, sempre tendo como enfoque a biossíntese da goma e os fatores que a relacionam com a virulência quando infectam as plantas (PADILHA, 2003, *apud* PRADELLA, 2006).

Estão sendo realizados também estudos objetivando o aproveitamento de rejeitos industriais na bioprodução de goma xantana. A utilização de substratos alternativos, como certos resíduos industriais (por exemplo soro de queijo), poderia auxiliar a produção de goma xantana no Brasil, ajudando a eliminar os problemas ambientais como descarte de efluentes, além do que o país poderia suprir sua própria demanda de goma xantana com maior competitividade no preço final diminuindo assim o custo de produção.

A matéria-prima utilizada no Brasil para a produção da goma xantana é a cana-de-açúcar, assim como na China, diferente dos EUA que utilizam milho e da Europa que além de utilizarem o milho, também utilizam a beterraba.

Dentre as matérias-primas disponíveis, a cana-de-açúcar possui um dos melhores perfis para aproveitamento como fonte de carbono em relação a, por exemplo, beterraba.

A cana-de-açúcar alcança valores superiores a 60 t /ha, resultando em 7,2 t açúcar/ha, enquanto o rendimento da beterraba é cerca de 32t beterraba/ha, resultando em 3,5 t açúcar/hectare. A mandioca e o milho, dois materiais

amiláceos, também possuem boa rentabilidade agrícola da ordem de 20 t mandioca/ha e 6 t milho/ha.

Entretanto, a quantidade de fibras lignocelulósicas, encontradas na cana-de-açúcar representada pelo bagaço e pela palha, dão a ela uma vantagem competitiva inigualável em relação às outras fontes de carbono, uma vez que este resíduo pode ser utilizado para geração de energia que será utilizada na operação da planta de produção.

Levando-se em conta estes dois parâmetros, a tabela 14 mostra um grau de preferência de matérias-primas para diferentes regiões do mundo para produção da goma xantana (PRADELLA, 2006).

Tabela 14: Grau de preferência de matérias-primas na produção da goma xantana

Brasil		Fora do Brasil		Ambos
Cana	Mandioca	Milho	Beterraba	Soro de Queijo
***	**	**	**	**

*** - preferência máxima

** - preferência intermediária

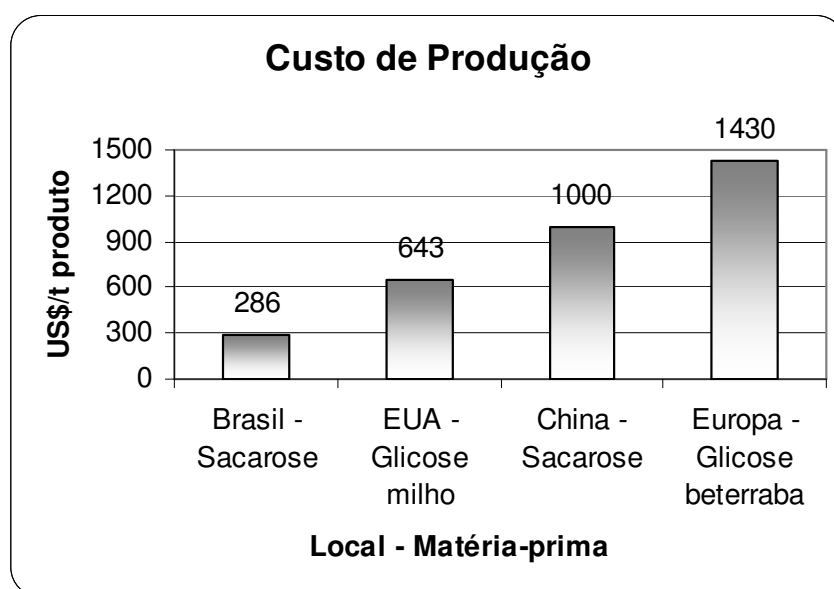
Fonte: PRADELLA, 2006.

O custo de produção do açúcar da cana no Brasil tem um valor médio em torno de US\$ 200/ton atingindo US\$ 150/ton na região centro-sul. Na China esse valor atinge US\$ 700/ton.

Para o açúcar de beterraba na Europa, o custo de produção é de US\$ 1000/ton, enquanto o custo de produção da glicose a partir do amido de milho nos EUA gira em torno de US\$ 450.

A partir desses valores, e conhecendo o fator de conversão de sacarose em goma xantana ($Y_{\text{xant/sacarose}} = 0.7 \text{ g/g}$), a tabela 15 mostra o custo médio de produção para diferentes matérias-primas. O gráfico 3 representa os dados da tabela 15 (PRADELLA, 2006).

Gráfico 3: Custo de Produção



Fonte: PRADELLA, 2006.

5.4.2. Estágio de desenvolvimento relativo à Goma Xantana

As diferenças na escala de produção de um produto são reflexos dos diferentes estágios tecnológicos em que elas se encontram (tabela 16).

Tabela 15: Atual estágio de desenvolvimento da goma xantana e perspectiva de produção

Brasil	EUA	Europa	Ásia	t/ano	US\$/ano
2005	2005	2005	2005	2015	Milhões 2015

Goma Xantana	Piloto	Comercial	Comercial	Comercial	80000	400
---------------------	--------	-----------	-----------	-----------	-------	-----

Fonte: PRADELLA, 2006.

No caso da goma xantana, sua produção é feita pela bactéria *Xanthomonas campestris*, como proteção contra a desidratação, e foi descoberta no final dos anos 50, nos EUA.

No Brasil, a sua pesquisa em escala bancada foi iniciada nos anos 80 por pesquisadores da USP, cujo processo de produção não foi considerado viável pela baixa demanda por causa das aplicações restritas da xantana.

Nos anos 90, pesquisadores da UNICAMP iniciaram o desenvolvimento da produção da goma a partir da sacarose em bancada, cuja escala piloto opera há seis anos. Essa goma obtida a partir da sacarose, além de resultar num menor custo de produção quando comparado à goma de glicose de milho, apresenta maior viscosidade.

A patente dessa tecnologia foi negociada com a Policam-Campos Biotecnologia Ltda., que está construindo uma fábrica em Campos de Goytacazes para a produção de duas mil toneladas por ano. Instalada próxima aos poços de petróleo de Campos, a fábrica fornecerá a goma xantana inicialmente para a lubrificação de brocas e recuperação de petróleo em poços desativados. Com o aperfeiçoamento da tecnologia, o objetivo é aumentar a produção para atender também aos mercados alimentício e farmacêutico. O projeto de produção do polissacarídeo goma Xantana está embasado na patente científica PI-8.805.325-3, adquirida pela Policam de pesquisadores da UNICAMP - Universidade de Campinas - SP. (PRADELLA, 2006).

A partida da unidade encontra-se atualmente em atraso, devido à problemas de contaminação, que não estão permitindo obter-se o rendimento esperado. A partida está agora programada para abril de 2009.

5.4.3. Oportunidades para a produção nacional

A produção de goma Xantana requer sacarose proveniente da cana-de-açúcar. Portanto a importância social da goma xantana acarreta os fatores relacionados com o plantio e processamento da cana-de-açúcar para obter a sacarose. A produção nacional de goma xantana também tem importância social no sentido de substituir a importação deste biopolímero. Portanto é uma fonte geradora de emprego e renda para a população.

5.5. Projeção de Mercado

5.5.1. Hidrocolóides

Com o objetivo de se avaliar o possível aumento do consumo de hidrocolóides no Brasil nos próximos anos, realizou-se uma análise em cross-section internacional de dados de consumo de hidrocolóides em função do Produto Interno Bruto (PIB).

Análises em cross-section formam uma classe de métodos de pesquisa que envolvem observação de um conjunto de itens ao mesmo tempo. Trata-se de uma análise de dados em corte transversal, ou seja, um conjunto de observações coletadas de uma variável em determinado ponto no tempo. Em análises do tipo cross-section, resultados mais relevantes são obtidos quando, ao invés de se

trabalhar com apenas um produto utiliza-se uma família de produtos. Por isso, no caso deste trabalho, as variáveis trabalhadas foram o consumo de hidrocolóides, e não apenas de goma xantana, e o PIB de determinados países/regiões no ano de 2006.

As tabelas a seguir mostram os valores do consumo de hidrocolóides por país/região no ano de 2006, e o valor do seu PIB no mesmo ano, respectivamente:

Tabela 16: Consumo de Hidrocolóides – 2006 (1000t)

	Goma guar	Gelatina	Caseína	Goma xantana	Carragena	Goma arábica	Alginatos	Pectina	Goma locusta	Ágar	Outros
Estados Unidos	85,6	48,4	49	24,7	13	14,6	13,1	4,7	2,7	1,3	3,2
Canadá	6,2	10,1	3	2,5	2,1	0,4	0,1	1		0,1	0,1
México	2,5	7,9	14		4,2	1,3		0,4			0,1
Europa Ocidental	32	105	163	10,4	9,4	23	8	13	5,5	1	
Europa central e oriental	4	20	12	0,2	0,5	1	0,5	2	0,5	0,3	
China		35		17,5			12			2	
Japão	5,5	15	15,9	1,7	1,3	1,8	2,8	2,6	1,1	3	3,5

Fonte: CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007

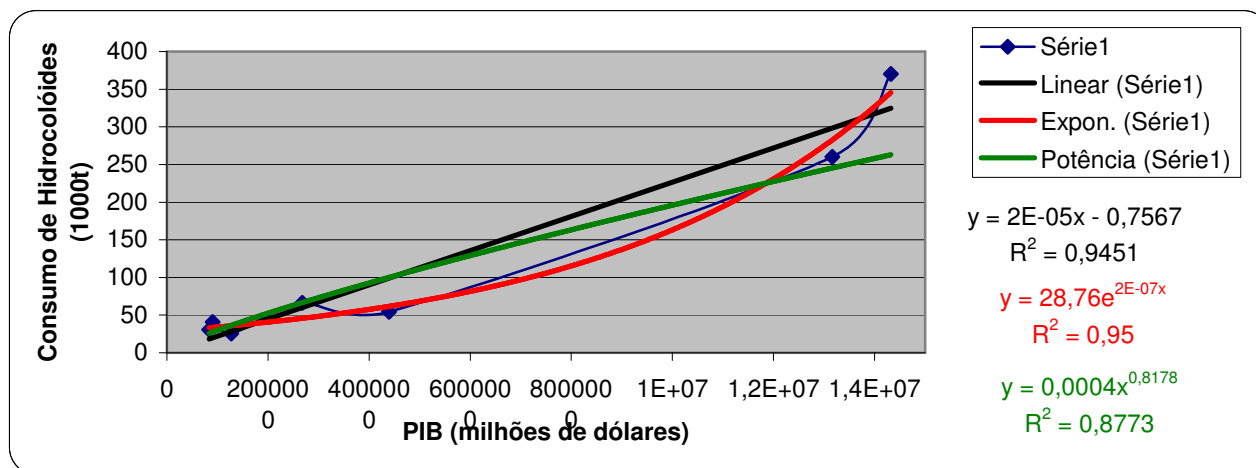
Tabela 17: Produto Interno Bruto em 2006

	PIB (milhões de US\$)
Estados Unidos	13.166.785
Canadá	1.270.625
México	836.995
Europa Ocidental	14.322.417
Europa central e oriental	906.449
China	2.681.265
Japão	4.391.909

Fonte: UNCTAD Handbook of statistics, 2008

A partir desses dados foi elaborado o seguinte gráfico:

Gráfico 4: PIB x Consumo de Hidrocolóides – 2006



Além da série de dados, observa-se no gráfico 4 três tipos de linhas de tendência para os dados: linear, exponencial e potência. Todas apresentam excelentes valores de correlações (valor de R^2).

A mesma análise poderia ser realizada utilizando-se, ao invés do PIB, o PIB *per capita*. Entretanto, nesse caso haveria uma distorção dos resultados devido à presença da China nos dados, pois, apesar de possuir um PIB elevado, o mesmo não é observado em seu PIB *per capita* (US\$ 2066), devido à sua enorme população. A distorção ocorre porque apesar da população ser elevada, a maior parte dela é rural e não apresenta níveis de consumo consideráveis. Dessa maneira, ao se realizar a análise em cross-section com o PIB *per capita* seria necessário fazer um ajuste dos resultados, tendo-se optado, portanto, em utilizar-se apenas a análise com o PIB.

Dessa maneira, a partir da projeção para o PIB brasileiro para os próximos anos feita pelo Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada (IPEA), e utilizando-se

as equações obtidas a partir do gráfico 4, calculou-se uma projeção para o consumo de hidrocolóides no Brasil nos próximos anos.

Tabela 18: Equação linear

Ano	PIB	Consumo de gomas	Taxa de crescimento
2009	1553718	30,31766	
2010	1695379	33,15088	9%
2011	1812167	35,48664	7%
2012	1938888	38,02106	7%
2013	2069377	40,63084	6%

Tabela 19: Equação Potência

Ano	PIB	Consumo de gomas	Taxa de crescimento
2009	1553718	46,27689	
2010	1695379	49,69977	7%
2011	1812167	52,48249	5%
2012	1938888	55,4652	5%
2013	2069377	58,49969	5%

Tabela 20: Equação Exponencial

Ano	PIB	Consumo de gomas	Taxa de crescimento
2009	1553718	39,241275	
2010	1695379	40,36896	3%
2011	1812167	41,32298	2%
2012	1938888	42,38367	3%
2013	2069377	43,50435	3%

Conforme calculado nas tabelas anteriores, para os casos linear, potência e exponencial, a taxa média de aumento do consumo de hidrocolóides no Brasil projetada para o período 2009-2013 é de, respectivamente, 7%, 6% e 3% ao ano.

5.5.2. Consumo de Goma Xantana na indústria do petróleo

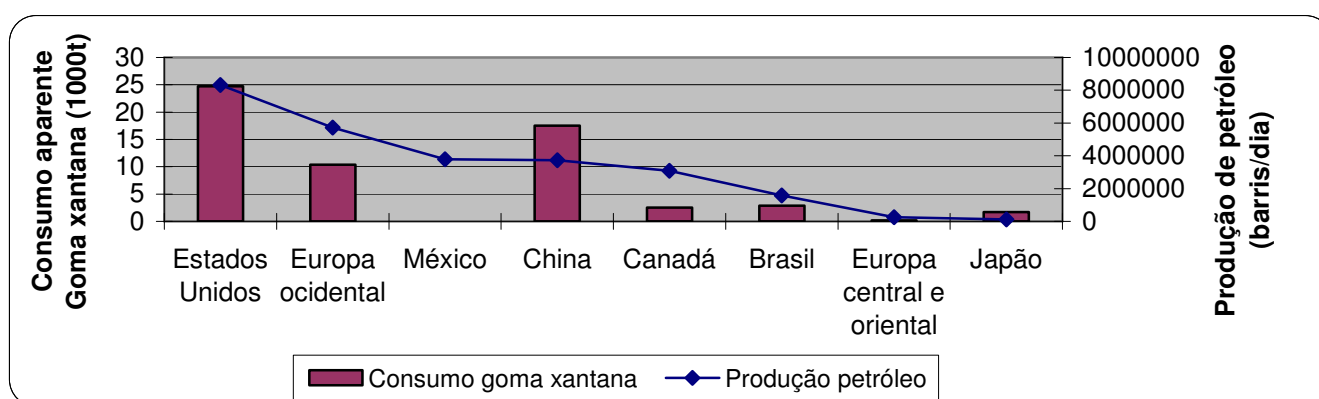
A partir dos dados de 2006 apresentados na tabela 21 a seguir, foi feito o gráfico 5 abaixo, onde é possível observar a relação entre a produção de petróleo e o consumo de goma xantana.

Tabela 21: Consumo de goma xantana e produção de petróleo

	Consumo goma xantana (1000t)	Produção petróleo (bpd)
Estados Unidos	24,7	8.322.000
Europa ocidental	10,4	5.728.040
México	0	3.784.000
China	17,5	3.730.000
Canadá	2,5	3.092.000
Brasil	2,9	1.590.000
Europa central e oriental	0,2	252.306
Japão	1,7	125.000

Fonte: CHEMICAL ECONOMICS HANDBOOK – SRI CONSULTING, 2007 e THE 2008 WORLD FACTBOOK

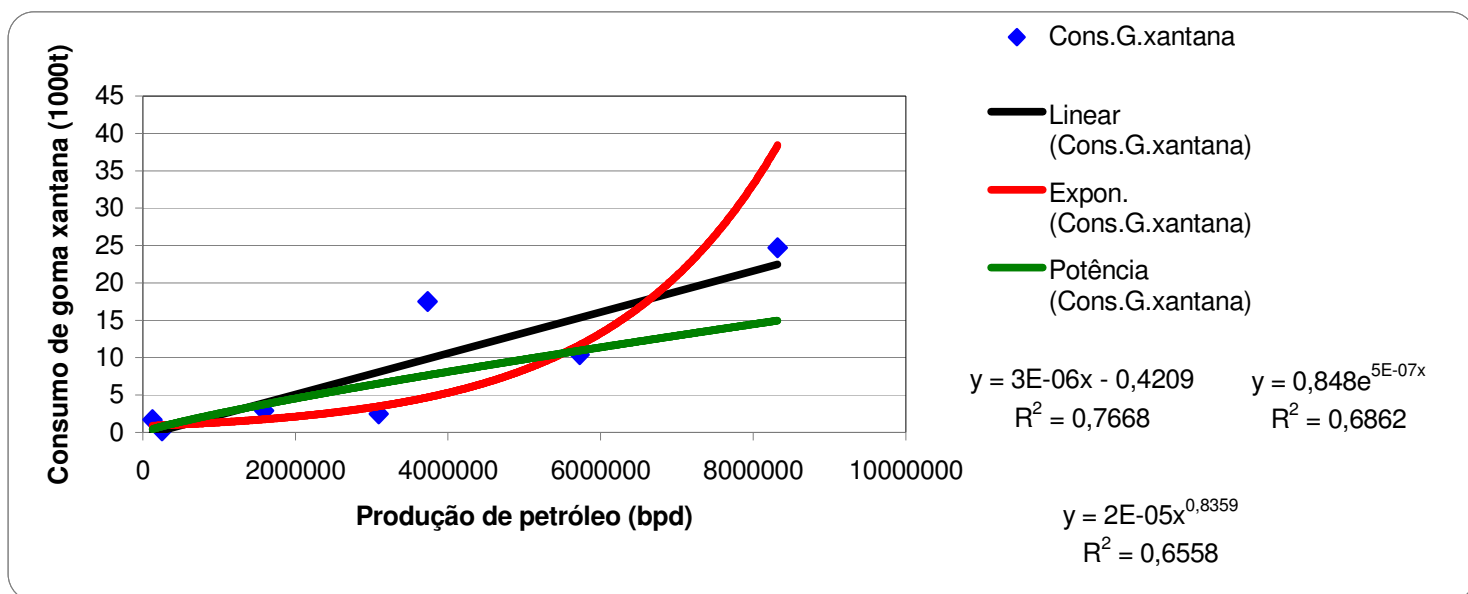
Gráfico 5: Consumo de goma xantana e produção de petróleo



Nota-se que, nos países/regiões onde a produção de petróleo é maior, existe uma tendência do consumo de goma xantana também ser mais significativo.

Dessa maneira, realizou-se uma análise em cross-section tendo como variáveis a produção de petróleo e o consumo de goma xantana, conforme pode ser visto no gráfico 6.

Gráfico 6: Produção de petróleo x Consumo de goma xantana



Nesse caso, as correlações, apesar de apresentarem valores aceitáveis, não são tão significativas quanto no caso anteriormente analisado. Dessa maneira, não é possível afirmar que haja uma relação de causa e efeito entre as variáveis analisadas.

Ainda assim, considerando-se as recentes descobertas brasileiras de reservas de petróleo no pré-sal, e o conseqüente aumento da produção nacional, utilizou-se os resultados obtidos para se projetar o consumo de goma xantana considerando-se o aumento na produção de petróleo.

Para essa projeção, utilizou-se apenas o resultado obtido utilizando-se a equação da linha de tendência linear, pois foi a que apresentou a correlação mais elevada (>0,7).

Os resultados, considerando-se uma produção de 3, 5 e 7 milhões de barris de petróleo por dia, foram os seguintes:

Tabela 22: Produção de petróleo e consumo de goma xantana

Produção de petróleo (bpd)	Consumo de goma xantana (1000t)
1.590.000 (*)	2,9 (*)
3.000.000	8,6
5.000.000	14,6
7.000.000	20,6

(*) Produção em 2006

Observa-se um aumento expressivo do consumo de goma xantana no país.

Entretanto, uma das dificuldades dessa análise é a falta de dados sobre a divisão setorial do mercado de goma xantana nacional, pois sem esses dados fica difícil se projetar quanto do consumo nacional deverá ser aplicado na indústria de petróleo.

Capítulo 6 – Considerações finais e conclusões

Biopolímeros microbianos estão adquirindo um espaço cada vez maior no mercado, devido a algumas vantagens em relação às gomas tradicionais, tais como produção independente das condições climáticas, possibilidade de utilização de matérias primas regionais, maior rapidez na obtenção do produto acabado e necessidade de espaço relativamente pequeno. Além disso, apresentam maior uniformidade em relação às suas propriedades físico-químicas, devido à especificidade de microrganismos utilizados e a possibilidade de um rígido controle dos parâmetros de fermentação.

Dentre os biopolímeros microbianos destaca-se a goma xantana, sendo um dos mais importantes polissacarídeos comercialmente disponível.

A xantana tem encontrado aplicações no segmento alimentício, petrolífero e farmacêutico, entre outros, sendo utilizada como agente espessante, estabilizante, emulsificante, e ainda como gelificante, quando combinado com outras gomas.

Hoje, este biopolímero movimenta um mercado de cerca de 270 milhões de dólares. A tendência é de que esse mercado continue crescendo, à medida que as nações caminhem para maiores desenvolvimentos econômicos e sociais.

Nos EUA, o crescimento do consumo esperado para os próximos anos é de cerca de 3.5% ao ano. Na Europa, o mercado cresce cerca de 5.0% ao ano, onde o segmento alimentício é o que mais contribui para esse resultado. A China continua sendo a maior produtora e exportadora de xantana e a tendência é de que o consumo e produção chinesa continuem crescendo, juntamente com o seu mercado alimentício, que nos últimos dez anos aumentou cerca de quatro vezes.

No Brasil ainda não há produção comercial de goma xantana, mas está em processo de implantação uma fábrica para produção da xantana, da empresa Policam, em Campos.

É importante ressaltar o enorme aumento da participação da goma xantana no mercado nacional nos últimos anos. Nos últimos dez anos, de 1997 a 2007, houve um aumento nas importações brasileiras de goma xantana de 89,3%. Esse aumento está relacionado tanto ao aumento da atividade exploratória de petróleo, com a utilização de fluidos de perfuração à base de água (utilizando goma xantana), quanto com o aumento do consumo de produtos industrializados (sopas prontas, refeições congeladas, etc.).

Com a descoberta das reservas de petróleo do pré-sal, o mercado nacional para a goma xantana poderá se tornar ainda mais aquecido, uma vez que a goma xantana possui aplicabilidade neste setor. De acordo com as projeções realizadas nesse estudo, o aumento da produção de petróleo poderá levar a aumentos significativos no consumo de goma xantana.

Mostrou-se também que existe uma forte relação entre o aumento do PIB e o consumo de xantana, de maneira que, para os próximos anos, considerando-se o PIB projetado para o período 2009-2013, o aumento do consumo da goma deverá ser, em média, de 5% ao ano nesse período.

No Brasil, há um grande potencial para produção desse biopolímero, uma vez que dispomos de matérias primas renováveis, a baixo custo e mão-de-obra qualificada, o que nos coloca em posição privilegiada, oferecendo-se oportunidade para o país tornar-se grande produtor e exportador desse biopolímero.

Para que se possa continuar a desenvolver esse estudo, recomenda-se que sejam realizadas pesquisas junto às empresas produtoras e consumidoras de goma

xantana, com a finalidade de obter-se informações relevantes sobre seu uso, como por exemplo, coeficientes técnicos, a partir do qual se poderia estimar, por exemplo qual o consumo de xantana por barril de petróleo produzido.

Recomenda-se também a realização de pesquisa de campo para que se possa desenvolver um panorama da utilização de goma xantana em cada setor onde é aplicada.

É importante ressaltar também que o uso da goma xantana nos fluidos de perfuração para poço de petróleo do pré-sal deve ser cuidadosamente analisado, pois observa-se uma tendência de utilização de fluidos de perfuração sintéticos no Brasil, fluidos esses que não tem goma xantana na sua formulação.

Uma outra recomendação é a avaliação da possibilidade de substituição de Goma Guar pela Goma Xantana, pois a Guar apresenta um mercado duas vezes superior ao da Xantana. Caso apresentem aplicabilidade semelhante, deve-se avaliar os custos de produção e preço de venda, de maneira a se analisar a viabilidade dessa substituição.

Dessa maneira, poder-se-ia obter informações mais detalhadas sobre o desenvolvimento futuro do mercado de goma xantana, de maneira a analisar-se a viabilidade e importância do desenvolvimento da produção nacional.

Capítulo 7 – Referências Bibliográficas

- BERWANGER, A. L. S. **Produção e caracterização de biopolímero sintetizado por *Sphingomonas capsulata***. Dissertação de Mestrado - Departamento de Ciências Agrárias, URI – Campus Erechim, Erechim, 2005
- BORGES, C. D. **Estudo das condições operacionais na produção de xantana por *X. arborícola* PV pruni para aplicação em fluido de perfuração de poços de petróleo**. Tese de doutorado – Departamento de Biotecnologia Agrícola, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, 2007
- CARVALHO, W., MANCILHA, I. M., CANILHA, L., SILVA, D. D. V. Aditivos alimentares produzidos por via fermentativa Parte 3: Polissacarídeos e enzimas. **Revista Analytica**, dez 2005/jan2006
- Central Intelligence Agency, **The 2008 world factbook**. Disponível em <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html>, 2008, acessado em 28/10/2008
- Chemical Economics Handbook Market Research Report - Hydrocolloids, **SRI Consulting**, 2007
- CORRADI DA SILVA, M. L.; MARTINEZ, P. F.; IZELI, N. L., SILVA, I. R.; VASCONCELOS, A. F. D.; CARDOSO, M. S. Caracterização química de glucanas fúngicas e suas aplicações biotecnológicas. **Química Nova**, v.29, n.1, p.85-92, 2006
- CUNHA, M. A. A.; GÓMEZ, R. J. H. C.; AMORIM, E. S. Goma curdlana: um importante hidrocolóide microbiano. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v.24, n.2, p.379-384, jul/dez 2003
- DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. **Food Hydrocolloids**, v.17, p.25-39, 2003

- FORNARI, R. C. G. **Aproveitamento de soro de queijo para produção de goma xantana**. Dissertação de Mestrado – Departamento de Ciências Agrárias, URI – Campus Erechim, Erechim, 2006
- GARCÍA-OCHOA, F.; CASAS, J. A.; SANTOS, V. E. Xanthan gum production under several operational conditions: molecular structure and rheological properties. **Enzyme and Microbial Technology**, v.26, p.282-291, 2000
- GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; CASAS, J. A.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: production, recovery, and properties. **Biotechnology Advances**, v.18, p.549-579, 2000
- IBAÑEZ, M. C.; FERRERO, C. Extraction and characterization of the hydrocolloid from *Prosopis flexuosa* DC seeds. **Food Research International**, v.36, p.455-460, 2003
- KALOGIANNIS, S.; IAKOVIDOU, G.; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, M.; KYRIAKIDIS, D. A.; SKARACIS, G. N. Optimization of xanthan gum production by *Xanthomonas campestris* grow in molasses. **Process Biochemistry**, v. 39, p.249-256, 2003
- KATZBAUER, B. Properties and applications of xanthan gum. **Polymer Degradation and Stability**, v.59, p.81-84, 1998
- KIOSSEOGLU, A.; PAPALAMPROU, E.; MAKRI, E.; DOXASTAKIS, G.; KIOSSEOGLU, V. Functionality of medium molecular weight xanthan gum produced by *X. campestris* ATCC1395 in batch culture. **Food Research International**, v.36, p.425-430, 2003
- LÓPEZ, M. J.; VARGAS-GARCÍA, M. C.; SUAREZ-ESTRELLA, MORENO, J. Properties of xanthan obtained from agricultural wastes acid hidrolysates. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.63, p.111-115, 2004

- LUVIELMO, M. M. **Estudo do efeito do “stress” alcalino na produção de goma xantana**, Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Departamento de Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2007

- LÓPEZ, M. J.; VARGAS-GARCÍA, M. C.; SUAREZ-ESTRELLA, F.; MORENO, J. Properties of xanthan obtained from agricultural wastes acid hydrolysates. **Journal of Food Engineering**, v.63, p.111-115, 2004

- Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) – ALICE Web, <http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/>

- Outlook for the brazilian economy 2008/2009. **Project Link Autumn Meeting - IPEA/RJ**, October 23-24, 2008 Disponível em <http://www.chass.utoronto.ca/link/meeting/ctryrep/brazil200810.pdf>, acessado em 04/11/2008

- PADILHA, F. F. **Produção de biopolímeros por microorganismos modificados geneticamente**, Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2003

- PAPAGIANNI, M.; PSOMAS, S. K.; BATSILAS, L.; PARAS, S. V.; KYRIAKIDIS, D. A.; LIAKOPOULOU-KYRIAKIDES, M. Xanthan production by *Xanthomonas campestris* in batch cultures. **Process Biochemistry** v.37, p.73-80, 2001

- PRADELLA, J. G. C.; **Biopolímeros e Intermediários Químicos**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Ciência, Tecnologia e Inovação, São Paulo, 2006

- RIBEIRO, A. M.; KHALIL, C.N.; LOBATO, C.S.D.D.; DE MENEZES, S.M.C.; VILAR, W.D.; Desenvolvimento de Fluidos de Fraturamento, **Boletim Técnico Petrobrás**, Rio de Janeiro, 27 (2), p. 109-115, abr/jun, 1984

- ROTTAVA, I. **Seleção de linhagens de *Xanthomonas* SP para produção de goma xantana**, Dissertação de Mestrado – Departamento de Ciências Agrárias, URI – Campus Erechim, Erechim, 2005

- SILVA, F. R.; VETTORE, A. L.; KEMPER, E. L.; LEITE, A.; ARRUDA, P. Fastidian gum: the *Xylella fastidiosa* exopolysaccharide possibly involved in bacterial pathogenicity. **FEMS Microbiology Letters**. V.203, p.165-71, 2001

- SOUZA, D. M.; GARCIA-CRUZ, C. H. Produção fermentativa de polissacarídeos extracelulares por bactérias. **Semina: Ciências Agrárias, Londrina**, v.25, n.4, p.331-340, out/dez 2004

- SUTHERLAND, I. W. Biosynthesis of microbial exopolysaccharides. **Advances in Microbial Physiology**. V.23, p.80-142, 1982

- SUTHERLAND, I. W. Microbial polysaccharides from Gram-negative bacteria. **International Dairy Journal**, v.11, p.663-674, 2001

- THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. Ed. Interciência, 2ª edição, 2004

- TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, Especial, v.7, n.2, p.181-204, 2005

- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), **UNCTAD Handbook of Statistics 2008**. Disponível em <http://stats.unctad.org/handbook/ReportFolders/ReportFolders.aspx>, 2008, acessado em 13/10/2008

- US Food and Drug Administration, <http://www.fda.gov/>

- VENDRUSCOLO, P. S. D.; VENDRUSCOLO, J. L. S. Reologia de xantana: uma revisão sobre a influência de eletrólitos na viscosidade de soluções aquosas de gomas xantana. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina**. V.25, n.1, p.15-28, jan/jun 2004

- XIE, W.; LECOUNTIER, J. Xanthan behavior in water-based drilling fluids. **Polymer Degradation and Stability**, v.38, n.2, p.155-164, 1992

Capítulo 8 – Anexo

Anexo 1: Especificações FDA para a utilização da goma xantana

TITLE 21--FOOD AND DRUGS
CHAPTER I--FOOD AND DRUG ADMINISTRATION
DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES
SUBCHAPTER B--FOOD FOR HUMAN CONSUMPTION (CONTINUED)
PART 172 -- FOOD ADDITIVES PERMITTED FOR DIRECT ADDITION TO FOOD FOR HUMAN CONSUMPTION

Subpart G--Gums, Chewing Gum Bases and Related Substances

Sec. 172.695 Xanthan gum.

The food additive xanthan gum may be safely used in food in accordance with the following prescribed conditions:

(a) The additive is a polysaccharide gum derived from *Xanthomonas campestris* by a pure-culture fermentation process and purified by recovery with isopropyl alcohol. It contains D-glucose, D-mannose, and D-glucuronic acid as the dominant hexose units and is manufactured as the sodium, potassium, or calcium salt.

(b) The strain of *Xanthomonas campestris* is nonpathogenic and nontoxic in man or other animals.

(c) The additive is produced by a process that renders it free of viable cells of *Xanthomonas campestris*.

(d) The additive meets the following specifications:

(1) Residual isopropyl alcohol not to exceed 750 parts per million.

(2) An aqueous solution containing 1 percent of the additive and 1 percent of potassium chloride stirred for 2 hours has a minimum viscosity of 600 centipoises at 75 deg. F, as determined by Brookfield Viscometer, Model LVF (or equivalent), using a No. 3 spindle at 60 r.p.m., and the ratio of viscosities at 75 deg. F and 150 deg. F is in the range of 1.02 to 1.45.

(3) Positive for xanthan gum when subjected to the following procedure:

Locust Bean Gum Gel Test

Blend on a weighing paper or in a weighing pan 1.0 gram of powdered locust bean gum with 1.0 gram of the powdered polysaccharide to be tested. Add the blend slowly (approximately 1/2 minute) at the point of maximum agitation to a stirred solution of 200 milliliters of distilled water previously heated to 80 deg. C in a 400-milliliter beaker. Continue mechanical stirring until the mixture is in solution, but stir for a minimum time of 30 minutes. Do not allow the water temperature to drop below 60 deg. C.

Set the beaker and its contents aside to cool in the absence of agitation. Allow a minimum time of 2 hours for cooling. Examine the cooled beaker contents for a firm rubbery gel formation after the temperature drops below 40 deg. C.

In the event that a gel is obtained, make up a 1 percent solution of the polysaccharide to be tested in 200 milliliters of distilled water previously heated to 80 deg. C (omit the locust bean gum). Allow the solution to cool without agitation as before. Formation of a gel on cooling indicates that the sample is a gelling polysaccharide and not xanthan gum.

Record the sample as "positive" for xanthan gum if a firm, rubbery gel forms in the presence of locust bean gum but not in its absence. Record the sample as "negative" for xanthan gum if no gel forms or if a soft or brittle gel forms both with locust bean gum and in a 1 percent solution of the sample (containing no locust bean gum).

(4) Positive for xanthan gum when subjected to the following procedure:

Pyruvic Acid Test

Pipet 10 milliliters of an 0.6 percent solution of the polysaccharide in distilled water (60 milligrams of water-soluble gum) into a 50-milliliter flask equipped with a standard taper glass joint. Pipet in 20 milliliters of 1*N* hydrochloric acid. Weigh the flask. Reflux the mixture for 3 hours. Take precautions to avoid loss of vapor during the refluxing. Cool the solution to room temperature. Add distilled water to make up any weight loss from the flask contents.

Pipet 1 milliliter of a 2,4-dinitrophenylhydrazine reagent (0.5 percent in 2*N* hydrochloric acid) into a 30-milliliter separatory funnel followed by a 2-milliliter aliquot (4 milligrams of water-soluble gum) of the polysaccharide hydrolyzate. Mix and allow the reaction mixture to stand at room temperature for 5 minutes. Extract the mixture with 5 milliliters of ethyl acetate. Discard the aqueous layer.

Extract the hydrazone from the ethyl acetate with three 5 milliliter portions of 10 percent sodium carbonate solution. Dilute the combined sodium carbonate extracts to 100 milliliters with additional 10 percent sodium carbonate in a 10-milliliter volumetric flask. Measure the optical density of the sodium carbonate solution at 375 millimicrons.

Compare the results with a curve of the optical density versus concentration of an authentic sample of pyruvic acid that has been run through the procedure starting with the preparation of the hydrazone.

Record the percent by weight of pyruvic acid in the test polysaccharide. Note "positive" for xanthan gum if the sample contains more than 1.5 percent of pyruvic acid and "negative" for xanthan gum if the sample contains less than 1.5 percent of pyruvic acid by weight.

(e) The additive is used or intended for use in accordance with good manufacturing practice as a stabilizer, emulsifier, thickener, suspending agent, bodying agent, or foam enhancer in foods for which standards of identity established under section 401 of the Act do not preclude such use.

(f) To assure safe use of the additive:

(1) The label of its container shall bear, in addition to other information required by the Act, the name of the additive and the designation "food grade".

(2) The label or labeling of the food additive container shall bear adequate directions for use.

Database Updated April 1, 2006