



Universidade Federal do Rio de Janeiro

Escola de Química

UFRJ/EQ



Metodologia de buscas aplicada no estudo de biossensores para etanol

Daniel Herszenhaut

Monografia em Engenharia Química

Orientadora:

Eliana Mossé Alhadef – D. Sc.

RIO DE JANEIRO

2013

Estudo Tecnológico: Biossensores para Detecção de Etanol

Daniel Herszenhaut

Monografia em Engenharia Química submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

Cássia C. R. D. de Deus, mestranda

Prof^a Michelle Gonçalves Mothé, D.Sc.

Prof^a Selma Gomes Ferreira Leite, D.Sc.

Orientado por:

Prof^a Eliana Mossé Alhadef, D. Sc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Março de 2013

Herszenhaut, Daniel.

Metodologia de buscas aplicada no estudo de biossensores para etanol / Daniel Herszenhaut. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2013.

xi, 91 p.; il.

(Monografia final de curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2013.

Orientadora: Eliana Mossé Alhadef

1. Biossensor. 2. Etanol. 3. Estudo. 4. Monografia (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Eliana Mossé Alhadef. I. Estudo Tecnológico: Biossensores para detecção de etanol.

Dedico esta monografia aos meus pais e ao meu irmão, pela compreensão, carinho, amor e todo apoio que sempre tiveram por mim. Também gostaria de dedicar a todos que de alguma forma me ajudaram, apoiaram e também acreditaram que eu conseguiria concluir essa etapa.

*"Devemos aceitar a decepção finita, mas nunca perder a
esperança infinita."*

Martin Luther King Jr.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a toda minha família e amigos próximos por toda compreensão, apoio, paciência e carinho durante toda essa etapa.

Agradeço imensamente a minha orientadora acadêmica, Professora Maria Antonieta Peixoto Gimenes, pela grande compreensão, paciência e principalmente por acreditar no meu potencial. Agradeço também a todos que, como ela, acreditaram que eu chegaria até o fim dessa jornada.

Também gostaria de agradecer a todos os docentes e funcionários que contribuíram positivamente de alguma forma na minha formação, seja participando diretamente no aprendizado nas aulas ou ainda me orientando e apoiando de outras formas.

Por fim, gostaria muito de agradecer a minha orientadora Professora Eliana Mossé Alhadef por todo o tempo, apoio, compreensão e ajuda na realização desse trabalho.

Resumo da Monografia Apresentada à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

ESTUDO TECNOLÓGICO: BIOSSENSORES PARA DETECÇÃO DE ETANOL

Daniel Herszenhaut

Março, 2013

Orientadora: Prof. Eliana Mossé Alhadef, D. Sc.

O etanol está presente em diversas áreas. É o principal componente na indústria de bebidas alcóolicas e possui grande importância na indústria farmacêutica, de cosméticos e perfumaria. No Brasil, é utilizado amplamente como combustível desde os anos 1970. A determinação da concentração de etanol também é fundamental na operação de plantas de fermentação, no controle de qualidade e no controle automatizado do processo. Existem diversos métodos para detecção de etanol, como cromatografia gasosa (GC), cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), entre outros. Entretanto, esses métodos não favorecem o monitoramento *on-line* do etanol, possuem alto custo e complexidade de instalação e operação. Assim, os biossensores aparecem como alternativa promissora para essas análises, apresentando vantagens como automação e miniaturização do dispositivo, além de menores custos e tempo de resposta. Esse trabalho utilizou técnicas de gestão do conhecimento e inovação para realizar um estudo de prospecção tecnológica sobre o tema biossensores para detecção de etanol, com intuito de mapear o atual estado da arte das tecnologias em desenvolvimento, e serve ainda como ferramenta de consulta para futuros projetos de pesquisa e desenvolvimento nessa área. Foram realizadas várias buscas nas bases de conhecimento Elsevier Scopus e Thomson-Reuters Web of Knowledge, e os documentos encontrados na forma de artigos técnico-científicos foram analisados, e uma estratégia de busca foi escolhida. O mesmo foi feito para patentes encontradas na base Thomson-Reuters Derwent Innovation Index. Após análise dos resultados e seleção, foram elaborados gráficos e tabelas ilustrando a distribuição e evolução dos artigos/patentes de acordo com parâmetros para avaliar o estado do desenvolvimento tecnológico e de aplicação de bioinstrumentos para detecção de etanol. Na estratégia de busca escolhida [*TITLE=(ethanol biosensor) OR (alcohol biosensor)*] foram encontrados 112 artigos, dos quais 89 eram sobre biossensores para etanol. Os artigos encontrados foram classificados de acordo com o elemento de reconhecimento (82% enzimático, 11% microbiano, 1% tecido, 6% não identificado) e de transdução (74% eletroquímico, 12% fotométrico, 1% calorimétrico, 12% não identificado). Análises adicionais de artigos por formas de classificação mais detalhadas foram feitas. Também foram encontradas 28 patentes, das quais 20 estavam relacionadas com o tema, sendo que o Japão apresentou o maior número de depósitos (35%).

Sumário

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1. Introdução	1
1.2. Objetivo	4
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Sensores e biossensores	6
2.2. Formas de classificação de biossensores	8
2.2.1. Por tipo de material biológico	9
2.2.1.1. Enzimas	10
2.2.1.2. Anticorpos	10
2.2.1.3. Micro-organismos	11
2.2.1.4. Tecidos	13
2.2.1.5. Ácidos nucleicos	13
2.2.2. Por tipo de transdutor	14
2.2.2.1. Eletroquímico	15
2.2.2.2. Fotométrico	16
2.2.2.3. Calorimétrico	17
2.2.2.4. Eletroacústico	18
2.3. Biossensores para detecção de etanol	19
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA	24
3.1. Introdução	24
3.2. Descrição detalhada	24
3.2.1. Portal Capes	25
3.2.2. Scopus	27
3.2.3. Web of Knowledge	33
3.2.4. Patentes	36
3.3. Análise das estratégias adotadas	43
3.4. Gerenciamento de referências e documentos	45

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E CONCLUSÕES	48
4.1. Resultados	48
4.2. Considerações finais	71
CAPÍTULO 5 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
CAPÍTULO 6 – APÊNDICES	80

Lista de Figuras:

Figura 1. Configuração de um biossensor, mostrando a organização dos seus componentes funcionais.....	8
Figura 2. Tela inicial do Portal Capes.....	25
Figura 3. Resultados de uma busca no Portal Capes.....	26
Figura 4. Tela inicial do Portal Scopus.....	28
Figura 5. Tela com resultados de uma busca na Scopus.....	29
Figura 6. Tela de exportação de resultados da Scopus.....	30
Figura 7. Seleção do número de resultados exibidos por página.....	31
Figura 8. Lista dos documentos obtidos na Scopus, marcados para download.....	31
Figura 9. Tela de download em lote dos documentos (Scopus).....	32
Figura 10. Análise de resultados na Scopus.....	33
Figura 11. Tela inicial de busca da Web of Knowledge.....	34
Figura 12. Resultados de uma busca na Web of Knowledge.....	35
Figura 13. Exportação de resultados na Web of Knowledge.....	36
Figura 14. Página inicial da Espacenet.....	37
Figura 15. Busca avançada na Espacenet.....	38
Figura 16. Página inicial de exibição dos resultados de uma busca na Espacenet.....	38
Figura 17. Lista de resultados da Espacenet na visualização compacta.....	39
Figura 18. Seleção do banco de dados da Derwent no portal Web of Knowledge.....	40
Figura 19. Tela inicial de busca na Derwent Innovations Index.....	41
Figura 20. Lista de resultados na Derwent Innovations Index.....	41
Figura 21. Resultado de uma busca de patentes na Scopus.....	42
Figura 22. Tela do software Mendeley.....	47
Figura 23. Evolução do número de publicações a cada ano, com busca pelo termo <i>biosensor</i> apenas no campo <i>Título</i> no período 1980-2011, de acordo com a base SCOPUS.....	52
Figura 24. Número de documentos dos vinte países com mais publicações, com busca pelo termo <i>biosensor</i> apenas no campo <i>Título</i> , de acordo com a base SCOPUS.....	53
Figura 25. Número de documentos publicados por país, com busca no campo título por <i>ethanol biosensor</i>	55

Figura 26. Número de documentos publicados por país, com busca no campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i>	57
Figura 27. Número de documentos publicados por ano, com busca no campo <i>título-resumo-palavra chave (TITLE-ABS-KEY)</i> por <i>ethanol biosensor</i> no período 1988-2011.	58
Figura 28. Número de documentos publicados por país, com busca no campo <i>título-resumo-palavra chave (TITLE-ABS-KEY)</i> por <i>ethanol biosensor</i>	59
Figura 29. Número de documentos publicados por ano, com busca no campo <i>título-resumo-palavra chave (TITLE-ABS-KEY)</i> por <i>biosensor nanotechnology</i> no período 1994-2011.....	60
Figura 30. Número de documentos publicados por país, com busca no campo <i>título-resumo-palavra chave (TITLE-ABS-KEY)</i> por <i>biosensor nanotechnology</i>	61
Figura 31. Resultados de documentos sobre biossensores para etanol obtidos na busca pelo campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i> , agrupados por elemento de reconhecimento.....	63
Figura 32. Resultados de documentos sobre biossensores enzimáticos para etanol obtidos na busca pelo campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i> , agrupados por enzima.....	64
Figura 33. Resultados de documentos sobre biossensores para etanol obtidos na busca pelo campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i> , agrupados por tipo de transdutor.....	66
Figura 34. Resultados de documentos sobre biossensores eletroquímicos para etanol obtidos na busca pelo campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i> , agrupados por tipo.....	67
Figura 35. Resultados de patentes sobre biossensores para etanol obtidos por país na busca no campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i>	68

Lista de tabelas:

Tabela 1 – Classificação de biossensores por elemento de transdução.....	15
Tabela 2 – Total de documentos encontrados nas buscas nas bases Scopus e Web of Knowledge, por termo de busca utilizado e campos pesquisados.....	49
Tabela 3 – Resultados obtidos nas buscas de patentes, por termo de busca utilizado e base de dados.....	50
Tabela 4 – Número de documentos publicados por ano, com busca no campo título por <i>ethanol biosensor</i>	54
Tabela 5 – Número de documentos publicados por ano, com busca no campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i>	56
Tabela 6 – Número de documentos por tipo de elemento de reconhecimento, obtidos na busca no campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i>	62
Tabela 7 – Número de documentos por tipo de elemento de reconhecimento enzimático, obtidos na busca no campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i>	63
Tabela 8 – Número de documentos por tipo de elemento de reconhecimento microbiano, obtidos na busca no campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i>	65
Tabela 9 – Número de documentos por tipo de elemento de transdução, obtidos na busca no campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i>	65
Tabela 10 – Número de documentos por tipo de elemento de transdução eletroquímico, obtidos na busca no campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i>	66
Tabela 11 – Número de documentos por tipo de elemento de transdução fotométrica, obtidos na busca no campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i>	67
Tabela 12 – Número de patentes encontradas, obtidos na busca no campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i>	69
Tabela 13 – Listagem do número de patentes por código do depositante (<i>Assignee Code</i>), obtidas na busca no campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i> na Derwent.....	70
Tabela 14 – Levantamento do número de patentes encontradas sobre biossensor para etanol agrupadas por tipo de depositante, após seleção das obtidas na busca no campo título por <i>ethanol biosensor OR alcohol biosensor</i>	71

Capítulo 1 – Introdução

1.1. Introdução

O controle de processos químicos e bioquímicos já se tornou extremamente importante na indústria, devido a uma competição global cada vez maior, à busca de uma maior eficiência, produtividade e lucro, assim como regulamentações ambientais e de segurança mais exigentes. As plantas modernas estão cada vez mais complexas e difíceis de operar, uma consequência de processos mais integrados e complexos. Desta forma, o uso de uma malha de controle que seja capaz de monitorar o processo em tempo real é fundamental para prevenir distúrbios e evitar perdas (SEBORG; EDGAR; MELLICHAMP, 2003).

A necessidade de medir continuamente as condições de um processo contribui para o aumento do interesse no desenvolvimento de instrumentos capazes de obter e transmitir as variáveis desse processo a um sistema de controle. O desenvolvimento e o estudo de novas técnicas de medição e preparação de sensores e biossensores tem cada vez mais importância em processos químicos e bioquímicos (VALDMAN; FOLLY; SALGADO, 2008).

Um sensor químico consiste em um dispositivo capaz de transformar informação química em um sinal analítico útil, tanto de uma faixa de concentração de uma amostra específica até a análise total da composição. Essa informação química pode ser originada de uma reação química do analisado ou de uma propriedade física do sistema investigado. Da mesma forma, pode-se definir um sensor físico como sendo um dispositivo que mede uma propriedade física do sistema (HULANICKI; STANISLAW; INGMAN, 1991)

Os sensores contêm duas unidades funcionais básicas: uma parte receptora e outra parte transdutora. Alguns sensores podem ainda incluir uma parte separadora, como, por exemplo, uma membrana. Na parte receptora a informação medida é transformada em uma forma de energia que pode ser medida pelo transdutor. A parte transdutora é um dispositivo capaz de transformar a energia contendo a informação em um sinal analítico útil (HULANICKI; STANISLAW; INGMAN, 1991).

A definição de um biossensor foi definida por Thévenot *et al.* em 1999 em relatório técnico da IUPAC e posteriormente também em artigo publicado por Thévenot *et al.* em 2001, e de forma resumida pode-se dizer que um biossensor é um instrumento integrado que é capaz de fornecer uma informação analítica específica quantitativa através do uso de um elemento de reconhecimento biológico (receptor bioquímico) que está em contato direto com o elemento transdutor. Sensores químicos, que possuem um receptor não biológico, usados para monitorar processos biológicos, não são considerados biossensores.

De um modo geral, pode-se dizer que um biossensor possui um elemento biológico de reconhecimento que é interligado ao elemento transdutor, sendo este capaz de converter o evento reconhecido em um sinal analítico útil, de preferência um sinal elétrico (LEE, 2008).

Os biossensores apresentam-se como uma possível solução para muitos problemas de análise, pois possuem grande potencial para análises rápidas, de baixo custo e facilidade de uso. Desta forma, podem ser considerados uma opção econômica, versátil, confiável e barata para diversas indústrias, como a farmacêutica, alimentos e bebidas, diagnóstico médico, e até mesmo defesa militar (SWAIN, 1992).

O monitoramento e controle online de um processo tem um papel fundamental em diversas indústrias, permitindo correções imediatas do processo em questão. O desenvolvimento de biossensores, dependendo do mecanismo de recepção e transdução, e do setor ou processo a ser acompanhado, envolve conceitos fundamentais de química, física, bioquímica, biologia molecular, biologia, informática, engenharia genética, engenharia eletrônica e elétrica, engenharia química e bioquímica, agronomia, engenharia do meio ambiente, engenharia de materiais, e, cada vez mais, nanotecnologia, entre outros. A coleta de dados de controle, de preferência em tempo real, permite otimizar o processo, reduzindo custos, perdas e aumentar a produção (ALHADEFF, 2005).

Acredita-se que a história dos biossensores teve início no ano de 1962 com a publicação de um artigo por Clark e Lyons, no qual desenvolveram eletrodos enzimáticos para monitoramento contínuo em cirurgias cardiovasculares. Esse

artigo foi um dos mais citados na história sobre o assunto, e foi responsável pelos fundamentos que permitiram que alguns anos depois fosse desenvolvido o primeiro biossensor para detecção de glicose (ALKIRE *et al.*, 2012). Desde então, diversas áreas de pesquisa realizaram inúmeras pesquisas e desenvolveram dispositivos biossensores cada vez mais sofisticados e confiáveis, com aplicações na medicina, agricultura, biotecnologia, assim como na área militar e na detecção e prevenção de bioterrorismo, dentre outros (MOHANTY; KOUGIANOS, 2006).

Nas últimas décadas houve o desenvolvimento de inúmeros tipos de biossensores, capazes de detectar íons, moléculas pequenas, proteínas, ácido desoxirribonucleico (DNA), células e muitos outros (LEE, 2008). Há, inclusive, biossensores nos quais o elemento de detecção é um ácido nucleico. Esses biossensores são usados na engenharia genética, no monitoramento da hibridização, replicação e de danos no DNA (LABUDA *et al.*, 2010) e também contra o bioterrorismo (LUI; CADY; BATT, 2009).

Os biossensores têm sido utilizados em uma grande variedade de aplicações, como, por exemplo, detecção de glicose no sangue (NEWMAN; TURNER, 2005), detecção de patógenos na indústria de alimentos (ALOCILJA; RADKE, 2003), acompanhamento da morfologia celular (MOHANTY; KOUGIANOS, 2006), monitoramento ambiental de metais pesados (VERMA; SINGH, 2005) e vapores orgânicos voláteis poluentes (HUANG *et al.*, 2011), sistema automatizado de monitoramento na produção de vinho (ALBANESE *et al.*, 2011), detecção de agentes de guerra biológica e bioterrorismo (LUI; CADY; BATT, 2009). Por exemplo, IVNITSKI *et al.* (1999) relatam diversos tipos de biossensores, baseados em diferentes princípios físico-químicos, capazes de identificar, direta ou indiretamente, uma variedade de bactérias patogênicas.

A detecção e medição com alta seletividade e sensibilidade de substâncias gasosas, como odores e gases tóxicos, é de grande importância em várias áreas. Algumas substâncias na fase gasosa podem influenciar a saúde e o comportamento humano. Por exemplo, a presença no ar de algumas substâncias químicas pode afetar a condição mental e mesmo física de uma pessoa. Além disso, a análise de determinados componentes voláteis presentes no ar expirado de pacientes pode

ajudar no diagnóstico de diversas doenças, sendo, portanto, um método não invasivo e seguro de grande importância. Uma grande aplicação é a análise do hálito para quantificação e detecção de etanol. Esse teste é feito após o consumo de bebidas alcólicas e o valor encontrado no hálito pode ser relacionado com a concentração de etanol no sangue (MITSUBAYASHI *et al.*, 1994).

O etanol está presente em diversos usos e aplicações, incluindo fermentadores, indústria de alimentos, farmacêutica e medicina, saúde humana dentre outras várias indústrias onde é usado largamente como solvente, e ser capaz de medir adequadamente sua presença e concentração é fundamental. Por exemplo, a medição precisa do etanol no hálito humano também é importante para órgãos governamentais serem capazes de determinar o nível de intoxicação de uma pessoa. Cada aplicação têm diferentes requisitos de medição, incluindo sensibilidade, limite de detecção, tempo de ensaio, custo, entre outros. Vários métodos existem para determinação de etanol, incluindo sensores semicondutores de gás, cromatografia gasosa, espectroscopia Raman e de massa, polarografia, e sensores eletroquímicos. Entretanto, esses métodos geralmente são caros ou demorados (SHARMA; QUANTRILL, 1994). Desta forma, há uma grande necessidade por métodos rápidos, confiáveis e de baixo custo para determinação de etanol.

Além de aplicações independentes e específicas, há um interesse cada vez maior em desenvolver soluções de monitoramento múltiplo de forma integrada. Por exemplo, o monitoramento simultâneo de glicose, etanol, concentração de oxigênio (pO_2) e densidade celular (AKIN *et al.*, 2011).

1.2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo tecnológico através de um amplo levantamento da literatura acadêmica e de patentes depositadas relacionadas à pesquisa e desenvolvimento de biossensores e, mais especificamente, biossensores para detecção de etanol.

No Capítulo 1 apresenta-se uma introdução geral ao assunto abordado ao longo dessa monografia, assim como seus objetivos.

No Capítulo 2 procura-se inicialmente realizar uma breve revisão da literatura sobre sensores e biossensores em geral, tipos e formas de classificação de biossensores para, em seguida, explicar de forma mais detalhada sobre o tema etanol, seus usos, sua importância e métodos de detecção, obviamente incluindo biossensores.

O Capítulo 3 relata a metodologia utilizada nas buscas realizadas em cada base de conhecimento, com uma análise das estratégias usadas e escolha de uma boa estratégia de busca. Em seguida, destaca-se a importância do gerenciamento de referências e citações, com o uso de *softwares* específicos para tal fim, de modo a permitir a leitura e análise de forma organizada de uma grande quantidade de documentos.

Os resultados das pesquisas e análises, em formato de tabelas e gráficos, e considerações finais são apresentados no Capítulo 4.

Este trabalho foi redigido, assim como as citações e referências utilizadas nele, sempre que possível, de acordo com as seguintes normas ABNT NBR: 6023:2002 (Informação e documentação – Referências – Elaboração), 6024:2012 (Informação e documentação – Numeração progressiva das seções de um documento – Apresentação), 6027:2003 (Informação e documentação – Sumário – Apresentação), 6028:2003 (Informação e documentação – Resumo – Apresentação), 10520:2002 (Informação e documentação – Citação em documentos – Apresentação), 14724:2011 (Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação).

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica

2.1. Sensores e biossensores

Sensores são instrumentos de medida que podem ser usados em diversas aplicações. Em controle de processos, as principais categorias de medidas são: temperatura, pressão, vazão, nível de líquido e composição. A escolha do equipamento de medição envolve vários critérios, dentre eles: intervalo de medida (span), desempenho (depende da aplicação, precisão e repetitividade), confiabilidade, material utilizado na fabricação, requisitos para o uso, potencial de liberação de resíduos (ou contaminantes) para o ambiente, classificação elétrica e forma de uso (invasivo, ou não invasivo – por exemplo, dependendo do processo, um sensor invasivo ficaria imerso e poderia sofrer corrosão) (SEBORG; EDGAR; MELLICHAMP, 2003).

Em 1991, a IUPAC estabeleceu a definição e as classificações para um sensor químico. Além de definir que um sensor químico possui duas partes, uma receptora e outra transdutora, foi feita uma classificação de acordo com o princípio de funcionamento da parte receptora: físico (quando nenhuma reação química ocorre), químico (uma reação química com a participação da substância analisada gera o sinal da análise) ou bioquímico (um processo bioquímico é a fonte do sinal analisado, são os chamados biossensores). Os sensores químicos também podem ser classificados de acordo com o princípio de operação do transdutor: óticos, eletroquímicos, elétricos, massa-sensíveis, magnéticos, termométrico, ou outro princípio – por exemplo, alguns tipos radiação podem indicar a composição química (HULANICKI; STANISLAW; INGMAN, 1991).

De acordo com a definição acima, um biossensor nada mais é que um tipo específico de sensor que possui um elemento de reconhecimento (parte receptora) de característica bioquímica.

Segundo Thévenot *et al.* (1999, 2001), o sistema de reconhecimento biológico é capaz de transformar uma informação proveniente do domínio bioquímico, muitas vezes a concentração de um analito-alvo, em um sinal de saída físico ou químico com uma sensibilidade definida. Já o transdutor serve

basicamente para transferir o sinal recebido pelo domínio do sistema de reconhecimento para geralmente um domínio elétrico. A parte transdutora também pode ser chamada de detector, sensor ou eletrodo, mas o termo transdutor é preferível para evitar confusão.

Muitas tecnologias diferentes estão disponíveis para imobilizar o elemento de reconhecimento biológico na superfície do transdutor: adsorção, microencapsulação, aprisionamento, ligação covalente e ligação cruzada (ALKIRE *et al.*, 2012).

A escolha de um biossensor como instrumento de análise deve envolver uma avaliação das seguintes características: seletividade, faixa de sensibilidade, acurácia e precisão, natureza da solução, tempo de resposta, tempo de recuperação, tempo de vida útil, frequência de amostragem, estabilidade operacional, reprodutibilidade, custo e tamanho (VALDMAN; FOLLY; SALGADO, 2008).

Segundo Alkire *et al.* (2012), o termo “biossensor” foi introduzido por Cammann, K. no artigo “Biosensors based on ion - selective electrodes” no periódico *Fresenius Zeitschrift für Analytische Chemie*, 287 (1), 1-9 (1977). Entretanto, nas buscas realizadas neste trabalho, as duas primeiras referências ao termo “biossensor” encontradas foram: Karnaukh.Na (1974) e Morgan *et al.* (1979), mas como não obteve-se acesso ao texto completo desses artigos, não foi possível analisar em qual contexto o termo foi utilizado.

Como pode ser visto na Figura 1, um biossensor é composto por diferentes componentes, que podem variar entre si. Obviamente, há diversas possibilidades para a construção da estrutura de um biossensor. Assim, na figura a seguir, é apresentado um esquema básico da configuração dos principais elementos de um biossensor. O elemento de reconhecimento detecta a presença da substância de interesse (analito-alvo) a ser analisada. Essa detecção pode ocorrer de diversas formas, de acordo com o tipo de elemento bioquímico de reconhecimento. O elemento transdutor, de acordo com o seu tipo, detecta a modificação no elemento de reconhecimento e converte em sinal de saída, sendo este sinal amplificado e reconhecido na unidade processadora de sinal.

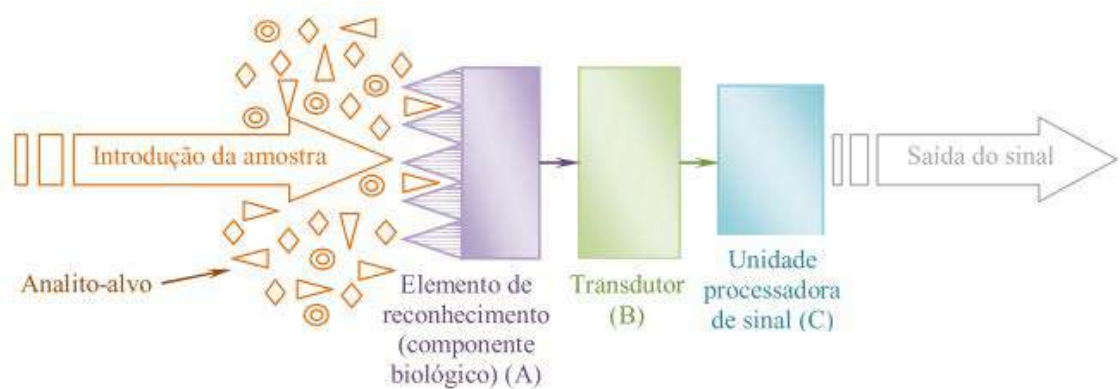


Figura 1. Configuração de um biossensor, mostrando a organização dos seus componentes funcionais.

A detecção do analito-alvo é feita por um componente biológico que gera um sinal (A), o qual é convertido (B) e processado (C). Fonte: Calil e Roberto (2011)

De uma forma geral, um biossensor tem seu funcionamento diretamente relacionado com a especificidade e alta sensibilidade do elemento biológico de reconhecimento com o substrato de interesse. Devido a essa interação entre a estrutura biológica e o substrato, ocorre a variação de um ou mais parâmetros físico-químicos, como por exemplo: produção de íons, elétrons, calor, luz, massa, fluorescência ou gases. O produto dessa variação é convertido em um sinal elétrico quantificável e com o uso de um transdutor adequado, pode ser convertido e processado (VALDMAN; FOLLY; SALGADO, 2008).

Os biossensores tem grande potencial tecnológico, e são ferramentas analíticas versáteis aplicadas cada vez em mais áreas distintas, como medicina, qualidade e controle no consumo de alimentos, e ainda no monitoramento de poluição ambiental. Eles podem ter um papel cada vez maior na melhoria da qualidade de vida, principalmente na área da saúde humana (CASTILLO *et al.*, 2004).

2.2. Formas de classificação de biossensores

Na literatura encontram-se inúmeras formas de classificar biossensores. Há classificações de acordo com os tipos de: **analíticos-alvo, alterações no elemento de reconhecimento, materiais biológicos do elemento de reconhecimento, princípios físicos do elemento de transdução**. Um exemplo de outro tipo de

classificação é de acordo com a geração do biossensor: **primeira, segunda ou terceira geração** (ALKIRE *et al.*, 2012).

Outra classificação possível, mais simples, é agrupar os biossensores em apenas três grupos: de **metabólitos**, como a glicose, entre outros; de **proteínas**, como gonadotrofina coriônica humana (hCG) para a gravidez, antígeno específico da próstata (PSA) para câncer de próstata, troponina I (cTnI) de infarto do miocárdio, entre outras; de **DNA/ADN** (ácido desoxirribonucleico), usados em métodos padrão para a identificação de um grande número de doenças genéticas e infecciosas em laboratórios clínicos (LEE, 2008).

Devido à grande magnitude e complexidade das diferentes formas de classificação, serão detalhados apenas os tipos de classificação por **material biológico do elemento de reconhecimento** e por **princípios físicos do elemento de transdução**. Além disso, por se tratar de um campo de pesquisa relativamente recente, com vários artigos sendo publicados continuamente e, por muitas vezes, envolver várias áreas do conhecimento, inúmeras outras opções de classificação são possíveis.

2.2.1. Por tipo de material biológico

A compreensão dos componentes e suas possíveis variações são fundamentais para pesquisa e desenvolvimento de biossensores. Uma variedade de elementos de reconhecimento biológico pode ser empregada, desde enzimas até mesmo anticorpos. A escolha vai depender do processo analisado e do analítico-alvo. Além disso, o conhecimento detalhado dos mecanismos físicos e químicos envolvidos no reconhecimento é fator chave para permitir o uso e otimização do biossensor escolhido.

Os seguintes tipos de elementos biológicos podem ser usados na construção de biossensores: **enzimas**, **anticorpos/antígenos**, **micro-organismos** (como bactérias e leveduras), **tecidos** (animal e vegetal), **ácidos nucleicos** (como DNA e RNA) (ALHADEFF, 2005; ALKIRE *et al.*, 2012).

2.2.1.1. Enzimas

As enzimas são proteínas de alto peso molecular com atividade catalítica específica para transformações bioquímicas. Uma boa parte dos biossensores desenvolvidos utiliza enzimas, em geral imobilizadas, como elemento biológico de reconhecimento (VALDMAN; FOLLY; SALGADO, 2008).

O uso de enzimas no desenvolvimento de biossensores apresenta várias vantagens, dentre elas: possuem uma atividade catalítica bem elevada; normalmente apresentam alta seletividade e especificidade com o substrato; a força-motriz, ou seja, o potencial redox necessário para alcançar a biocatálise enzimática, geralmente é bem próxima à do substrato da enzima – dessa forma operam em potenciais moderados; em muitos casos, quando a enzima é imobilizada na superfície do transdutor, a estabilidade dela é melhorada (ALKIRE *et al.*, 2012).

A maior desvantagem no uso de enzimas na construção de biossensores é que elas possuem um tempo de vida reduzido, devido a uma estabilidade relativamente limitada (VALDMAN; FOLLY; SALGADO, 2008).

Alguns exemplos de enzimas usadas em biossensores, com o substrato entre parênteses: glicose oxidase/glicose desidrogenase (glicose), lactato oxidase/lactato desidrogenase (lactato), álcool oxidase (metanol, etanol, formaldeído)/álcool desidrogenase (etanol). Também é possível utilizar sistemas multienzimáticos, ou seja, com coenzimas imobilizadas para detectar determinadas substâncias. Nesse caso, o produto da reação de uma enzima serve como substrato para a outra (DZYADEVYCH *et al.*, 2008).

2.2.1.2. Anticorpos

Um biossensor com princípio de detecção baseado em anticorpos pode ser conhecido como imunossensor. Os imunossensores são capazes de realizar análises baseadas no reconhecimento de antígeno e anticorpo, e tornaram-se de grande importância na determinação de analitos bioquímicos relacionados com questões vitais na área da medicina e saúde, como a detecção de células

cancerígenas, micro-organismos patogênicos (p.ex. a contaminação bacteriana de alimentos), toxinas, entre outros. (KIMMEL *et al.*, 2012).

Diversos usos de imunossensores foram encontrados na literatura, como por exemplo: detecção do vírus influenza aviário (WANG *et al.*, 2011), monitoramento ambiental (RODRIGUEZ-MOZAZ *et al.*, 2005; ROGERS, 2006), nanossensores que utilizam anticorpos para detecção altamente sensível de espécies químicas e biológicas (CUI *et al.*, 2001; ERICKSON *et al.*, 2008; JIANRONG *et al.*, 2004; VIKESLAND; WIGGINTON, 2010; YOGESWARAN; CHEN, 2008), imunossensor eletroquímico para detecção de bactéria patogênica de espécies *Campylobacter* (IVNITSKI *et al.*, 2000), entre outros.

Em um biossensor baseado em anticorpos, estes geralmente são imobilizados na superfície do transdutor, formando uma película. A ligação entre o anticorpo e analito-alvo é medida pelo transdutor ou por uma pequena alteração na massa, ou ainda por uma mudança nas propriedades ópticas do anticorpo. Essa medida por ser quantitativa – nesse caso é possível determinar a concentração da substância de interesse (INDUSTRY, 2001).

A capacidade de detectar sensivelmente os compostos imunológicos relevantes sem comprometer a bioatividade das espécies imunoativas no eletrodo é uma das questões de grande importância no desenvolvimento de imunossensores. O uso de nanomateriais como suporte para os agentes imunoativos tem sido cada vez mais utilizado por muitos pesquisadores, assim como a pesquisa por melhorias na capacidade analítica e eletroquímica do eletrodo (KIMMEL *et al.*, 2012).

Uma desvantagem no uso desse tipo de biossensor é o elevado peso molecular dos anticorpos, o que pode dificultar sua adaptação ao transdutor (SALGADO, 1997).

2.2.1.3. Micro-organismos

Biossensores microbiológicos, ou microbianos, utilizam como elemento de reconhecimento uma estrutura celular intacta, e na última década observa-se uma

pesquisa crescente desses biossensores, considerando o aumento no número de documentos publicados (D'ORAZIO, 2011).

A utilização de micro-organismos como material de reconhecimento biológico na fabricação de biossensores apresenta várias vantagens. Micro-organismos são capazes de metabolizar uma variedade de compostos químicos e possuem uma grande capacidade de adaptação em condições adversas (D'SOUZA, 2001).

Na fabricação de biossensores, as enzimas são as mais usadas como elemento de reconhecimento biológico. Enzimas purificadas possuem alta especificidade para seus substratos, porém o processo de purificação pode ser demorado e caro (LEI; CHEN; MULCHANDANI, 2006). Além disso, enzimas purificadas são instáveis e desta forma há uma limitação no seu uso em biossensores (D'SOUZA, 2001). Assim, justifica-se o interesse em biossensores microbiológicos, pois a imobilização de células inteiras aumenta a estabilidade do elemento de reconhecimento intracelular, pois as enzimas ficam preservadas em seu ambiente natural, protegidas de inativação (D'ORAZIO, 2011; D'SOUZA, 2001).

Por outro lado, biossensores microbiológicos possuem limitações, como baixa sensibilidade e seletividade, pois a membrana ou parede celular atua como uma barreira permeável. Além disso, reações paralelas catalisadas por outras enzimas presentes dentro da célula podem produzir substâncias indesejadas que podem interferir na capacidade de análise do biossensor (D'ORAZIO, 2011). Outra limitação no uso de células inteiras é que ocorre a difusão do substrato e produtos pela parede celular, o que causa um tempo de resposta maior (resposta lenta) em comparação com biossensores enzimáticos (D'SOUZA, 2001). Além disso, a barreira causada pela membrana celular e pela imobilização da célula causa uma maior resistência à difusão, o que resulta em uma menor sensibilidade e menor limite de detecção (LEI; CHEN; MULCHANDANI, 2006). Porém, com o desenvolvimento da biotecnologia, com o conhecimento do genoma desses micro-organismos e sua manipulação através da engenharia genética, é só questão de tempo para essas desvantagens intrínsecas serem superadas (SU *et al.*, 2011).

D'Souza (2001) relata vários tipos de biossensores microbianos e seus usos. Além disso, dentre alguns exemplos encontrados na literatura, é possível destacar: medição de glicose, sacarose e lactose (SVITEL; CURILLA; TKAC, 1998), determinação direta de agentes nervosos / organofosfatos usando *E. Coli* (MULCHANDANI *et al.*, 1998), monitoramento contínuo da demanda bioquímica de oxigênio em efluentes usando um biossensor tipo microbiano de célula de combustível (CHANG *et al.*, 2004), determinação da biodisponibilidade de íons Ni²⁺ e Co²⁺ no solo (TIBAZARWA *et al.*, 2001), entre outros.

2.2.1.4. Tecidos

O uso de tecidos vegetais e/ou extratos brutos no lugar de enzimas purificadas tem sido uma tendência na fabricação de biossensores. Existe uma enorme variedade de vegetais que podem servir como fontes praticamente ilimitadas de enzimas, boa parte disponível na flora brasileira, e extratos desses vegetais podem ser usados na elaboração de biossensores.

O uso desses tecidos vegetais e/ou extratos brutos, apesar de em alguns casos possuir certa desvantagem na seletividade, tem grande vantagem econômica, devido ao seu custo inferior, e muitas vezes apresenta tempo de vida superior quando comparado com o uso de enzimas purificadas. Além disso, cada extrato bruto possui uma atividade funcional, muitas vezes sem a necessidade de extrair ou até mesmo identificar a enzima responsável pela reação necessária para a análise (VALDMAN; FOLLY; SALGADO, 2008).

2.2.1.5. Ácidos nucleicos

Outra possibilidade de moléculas biossensíveis usadas como elemento de reconhecimento são os ácidos nucleicos. Os ácidos nucleicos tem a função de carregar e transmitir informações genéticas. Do ponto de vista analítico, essa característica pode ser aproveitada para a identificação específica de espécies de plantas e animais, organismos geneticamente modificados, bactérias, vírus, entre outros. Nos últimos anos, os ácidos nucleicos têm sido utilizados em uma grande variedade de ensaios bioanalíticos e biossensores (MERKOCI *et al.*, 2011).

Um biossensor eletroquímico de ácido nucleico é um dispositivo que possui um ácido nucleico (forma natural e biomimética de oligo- e polinucleotídeos) como elemento de reconhecimento biológico e um eletrodo como transdutor físico-químico. Vários tipos de moléculas naturais e sintéticas de DNA e RNA estão disponíveis para biossensores eletroquímicos, incluindo DNA cromossômico assim como ácidos nucleicos virais e plasmídicos bem definidos (LABUDA *et al.*, 2010).

O desenvolvimento de biossensores baseado em ácidos nucleicos é motivado pelo grande potencial de uso em várias áreas, dentre elas: diagnóstico de DNA (ácido desoxirribonucleico), análise de genes, rápida detecção de agentes biológicos usados em armas de destruição em massa (guerras), e aplicações forenses (SASSOLAS; LECA-BOUVIER; BLUM, 2008). Vale destacar o potencial de uso desse tipo de biossensor na detecção rápida e barata dos vírus da hepatite B e do vírus TT (MERIC *et al.*, 2002) e também na detecção de sequências curtas de DNA do vírus da imunodeficiência tipo 1, HIV-1 (WANG *et al.*, 1996).

Biossensores baseados em ácidos nucleicos como DNA, RNA (ácido ribonucleico) e PNA (ácido nucleico peptídico) possuem grande sensibilidade e seletividade devido à grande afinidade dos pares de bases entre as seções complementares dos fios alinhados de nucleotídeos (ALKIRE *et al.*, 2012).

2.2.2. Por tipo de transdutor

Assim como é importante conhecer os tipos de elementos de reconhecimento de um biossensor, a outra parte que o compõe, o transdutor, também pode ser classificada de inúmeras formas.

O material do elemento transdutor escolhido e processo de transdução dependem do conhecimento detalhado do mecanismo físico envolvido no funcionamento do biossensor como um todo, ou seja, também deve-se compreender o mecanismo presente no elemento de reconhecimento e como este interage com o transdutor para escolha deste.

Várias formas de classificação por tipo de transdutor são possíveis e foram encontradas na literatura.

De acordo com as classificações encontradas em Turner *et al.* (1989), Thévenot *et al.*, (1999, 2001), Alhadeff (2005), Corcuera e Cavalieri (2003), Monošík *et al.* (2012), é possível dizer que os transdutores podem ser classificados como **eletroquímicos**, **fotométricos**, **calorimétricos**, e **eletroacústicos**. Na tabela abaixo pode-se ver os possíveis tipos de elementos transdutores e suas subclassificações.

Tabela 1 – Classificação de biossensores por elemento de transdução.

Tipos de transdutores			
Eletroquímicos ou bioeletroquímicos	Potenciométricos	Íons seletivos	
		Transistores de efeito de campo	
	Amperométricos		
Fotométricos	Condutivimétricos ou Impedimétricos		
	Óticos	Luminescentes	
		Fluorescentes	
Calorimétricos		Índice de refração	
		Espectroscopia de reflexão interna	Ressonância de plasma de superfície (SPR)
			SPR de fibra ótica
			Ondas-guiadas (espelho ressonante)
		Espectrofotométricos	
		Fibra ótica (optrodo)	
Eletroacústicos (piezoelétricos ou acústicos)	Condução de calor		
	Isotérmicos		
	Isoperibol		
	Microbalança de cristal de quartzo		
	Superfície de onda acústica		

Adaptado de Turner *et al.* (1989), Thévenot *et al.*, (1999, 2001), Alhadeff (2005), Corcuera e Cavalieri (2003), Monošík *et al.* (2012).

2.2.2.1. Eletroquímico

Biossensores eletroquímicos são capazes de medir mudanças eletroquímicas que ocorrem quando há interação entre o substrato de interesse e a superfície sensível do eletrodo de detecção. A forma de medição vai depender do tipo de

mudança elétrica observada: alteração na tensão ou diferença de potencial (potenciométricos), mudança da corrente medida sob efeito de determinada tensão (amperométricos), ou mudança na capacidade do material de detecção para transportar cargas elétricas (condutivimétricos/impedimétricos) (LUONG; MALE; GLENNON, 2008). No caso de transdutores amperométricos, define-se um potencial entre dois eletrodos e mede-se a corrente produzida pela oxidação ou redução das espécies eletroativas, corrente esta que pode ser correlacionada com a concentração do analito-alvo. Boa parte dos eletrodos usados é feita de metais como platina, ouro, prata, aço inox, ou ainda materiais inertes no potencial no qual a reação eletroquímica ocorre, baseados em carbono (como nanotubos de carbono). Transdutores potenciométricos medem o potencial de células eletroquímicas sob uma corrente muito baixa. Transistores de efeito de campo (FET) são dispositivos potenciométricos baseados na medição do potencial de uma interface isolante-eletrólito (CORCUERA; CAVALIERI, 2003). Nos transdutores condutivimétricos (ou impedimétricos) há uma alteração da condutividade (ou resistividade) da solução, devido à produção de íons ou elétrons durante a reação bioquímica. Desta forma, a variável medida nesse tipo de transdutor é a condutância (ou resistência) da solução. Como o valor inverso da resistência é chamado de condutância, os transdutores condutivimétricos e impedimétricos são baseados no mesmo princípio físico (MONOŠÍK; STREĎANSKÝ; ŠTURDÍK, 2012).

2.2.2.2. Fotométrico

Transdutores fotométricos são baseados na medição de sinais óticos, dentre os quais pode-se citar a absorbância, fluorescência, quimioluminescência, ressonância de plasma de superfície (para medir o índice de refração), mudanças na refletividade da luz, ou outras alterações óticas. Sensores óticos podem utilizar fibras óticas ou guias de onda planas para direcionar a luz para um filme sensível, e são capazes de testar um grande número de amostras simultaneamente. Entretanto, não podem ser facilmente miniaturizadas. Muitos métodos óticos de transdução necessitam de um espectrofotômetro para detectar qualquer mudança de sinal (LUONG; MALE; GLENNON, 2008). No caso de transdutores de fibra ótica, o sistema é constituído por pelo menos duas fibras. Uma é conectada a uma fonte

de luz com determinada faixa de comprimento de onda, capaz de produzir uma onda excitada. A outra é conectada a um fotodiodo, capaz de detectar mudanças na densidade ótica de um comprimento de onda específico. Transdutores de ressonância de plasma de superfície (SPR) são capazes de medir mudanças mínimas no índice de refração na superfície do elemento sensor. Pode-se utilizar SPR em imunossensores, por exemplo, quando um antígeno liga-se a um anticorpo imobilizado sobre a superfície exposta do metal, a refletividade aumenta e pode ser correlacionada com a concentração de antígeno. Poucos biossensores SPR foram comercializados, mas instrumentos baratos e portáteis ainda não estão disponíveis (CORCUERA; CAVALIERI, 2003). Um transdutor luminescente é capaz de detectar uma mudança na frequência de emissão de radiação eletromagnética, que pode ser causada pela prévia absorção de radiação ou ainda pela geração de um estado excitado duradouro durante um tempo muito curto. A fluorescência é geralmente usada para biodeteção devido a sua seletividade e sensibilidade. Dispositivos baseados em difração ótica utilizam uma pastilha de silício revestido com uma proteína através de ligações covalentes. A pastilha é exposta à luz UV e os anticorpos presentes nas regiões expostas são inativados. Ligações antígeno-anticorpo são formadas nas regiões ativas quando as pastilhas são incubadas em um analito. Isto permite a criação de rede de difração capaz de produzir um sinal quando iluminado com um laser ou outra fonte de luz (MONOŠÍK; STREĎANSKÝ; ŠTURDÍK, 2012).

2.2.2.3. Calorimétrico

Transdutores calorimétricos, ou térmicos, são capazes de medir o calor de uma reação bioquímica no elemento de detecção. É possível classificá-los de acordo com a forma de transferência de calor. Quando o meio reacional é mantido à temperatura constante utilizando aquecimento Joule ou resfriamento Peltier, o calorímetro é isotérmico, e mede-se a quantidade de energia requerida. Calorímetros por condução de calor medem a diferença de temperatura entre o recipiente no qual a reação ocorre e o dissipador de calor isotérmico que o envolve. Outra possibilidade, a mais usada, é o uso de calorímetro isoperibol, que também mede a diferença de temperatura entre o recipiente reacional e a camisa

isotérmica que o envolve, mas nesse caso há isolamento térmico (adiabático) (CORCUERA; CAVALIERI, 2003). Do ponto de vista mais básico, termometria significa a medição de temperatura, e o dispositivo mais simples disponível é o termômetro, comumente usado na medição da temperatura do ambiente ou do corpo humano, por exemplo. Entretanto, os termômetros mais simples, que utilizam mercúrio, possuem limitações na sensibilidade térmica, além do risco de contaminação tóxica pelo mercúrio metálico. Assim, outra possibilidade, que baseia-se no mesmo princípio, é a utilização de dispositivos mais modernos, como termistores sensíveis, que na área de biossensores podem ser termistores enzimáticos (ET). Desta forma, é possível dizer que um transdutor calorimétrico está baseado em medidas térmicas. Nesse contexto, mede-se o calor liberado ou absorvido durante uma reação bioquímica. O calor total liberado ou absorvido é proporcional à entalpia molar e ao número total de moléculas de produto formado na reação bioquímica (RAMANATHAN; DANIELSSON, 2001). O uso de termistores enzimáticos (ET) oferece grande versatilidade e uma excelente estabilidade operacional. Os ETs são particularmente vantajosos quando múltiplas reações estão presentes no processo analisado, sendo que é a soma de todas as entalpias de reação que determina a sensibilidade do ensaio. Além disso, funcionam tanto para reações exotérmicas quanto endotérmicas, sendo que os procedimentos e instrumentos envolvidos são relativamente simples (YAKOVLEVA; BHAND; DANIELSSON, 2013).

2.2.2.4. Eletroacústico

Biossensores com transdutores eletroacústicos baseiam-se na medição de mudanças em propriedades elásticas, viscoelásticas, elétricas, dielétricas ou ainda na densidade de massa de uma membrana composta de materiais que interagem quimicamente quando em contato com um material piezoelétrico. Transdutores baseados na propagação de ondas acústicas estruturais (*bulk acoustic waves*, ou BAW) e de ondas acústicas de superfície (*surface acoustic waves*, ou SAW) são os mais comumente usados. Os transdutores BAW utilizam um cristal ressonante, geralmente quartzo, está conectado a um amplificador para formar uma oscilação cuja frequência de ressonância é função das propriedades das duas membranas

ligadas a ele. Já os transdutores SAW são baseados na propagação de ondas acústicas de superfície ao longo de uma camada de substrato coberto por uma membrana capaz de afetar a perda de propagação e a velocidade de fase da onda. Ondas acústicas de superfície são produzidas e medidas por transdutores metálicos interdigitais depositados sobre o substrato piezoelétrico (CORCUERA; CAVALIERI, 2003). Transdutores piezoelétricos baseiam-se no acoplamento do bioelemento com um componente piezoelétrico, sensível a alterações de massa, e normalmente é um cristal de quartzo revestido com eletrodos de ouro. Esses cristais podem ser confeccionados para vibrar em uma determinada frequência quando submetidos a um sinal elétrico específico. Desta forma, a frequência da oscilação depende da frequência elétrica aplicada ao cristal, assim como a massa deste. A frequência de oscilação do cristal é alterada com o aumento da massa do cristal, sendo que este ocorre devido à ligação das moléculas. Essa alteração resultante pode ser medida eletricamente e utilizada para determinar a massa adicional (tanto positiva e negativamente) do cristal, sendo que essas técnicas de medição são classificadas como massa-sensíveis (MONOŠÍK; STREĎANSKÝ; ŠTURDÍK, 2012).

2.3. Biossensores para detecção de etanol

O etanol, ou álcool etílico, é uma substância límpida, incolor e possui um odor característico. A fórmula química do etanol é $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, possui ponto de fusão em $-114,1^\circ\text{C}$, ponto de ebulição em $78,5^\circ\text{C}$, e sua densidade é $0,789 \text{ g/mL}$ à 20°C (GOBI INTERNATIONAL, 2012).

Atualmente, etanol pode ser produzido principalmente por duas vias: por uma rota biotecnológica através da fermentação de açúcares provenientes de diferentes matérias primas de origem geralmente agrícola, ou por uma rota química (ALHADEFF, 2005; IEA, 2012). O etanol é obtido por rota química, ou sintética, a partir de derivados de petróleo, ou seja, hidrocarbonetos não saturados, como etino ou eteno, de gases de petróleo e de hulha (BETANCUR, 2005; IEA, 2012).

O etanol pode ser usado como solvente em diversas áreas e processos, como, por exemplo, na fabricação de tinturas, vernizes, perfumes e até mesmo explosivos.

Outros exemplos de áreas nas quais o etanol está presente de algum modo, seja usado no processo ou como produto, podem ser destacados: bebidas fermentadas e destiladas, indústria alimentícia, de tabaco e também de cosméticos, fotoquímica, fabricação de solventes, detergentes, tintas e corantes, processamento de látex, refrigerantes, produtos farmacêuticos e medicinais, e, ainda, como combustível (ALHADEFF, 2005).

Também é possível classificar o mercado de etanol em três grupos: bebidas, combustíveis e aplicações industriais (farmacêutica, cosmética, tintas, etc). O etanol obtido por fermentação de produtos de origem agrícola pode ser usado em cada uma dessas aplicações. Já o etanol sintético é usado apenas no mercado industrial, com exceção das indústrias farmacêuticas e de cosméticos. Além disso, também não é utilizado em bebidas alcóolicas ou em combustíveis (IEA, 2012). Do total de etanol produzido no mundo, estima-se que cerca de 82% é utilizado no setor de combustíveis, 11% usado no setor de bebidas, e o restante é aproveitado no setor industrial (BERG, 2004).

O processo de obtenção de etanol por fermentação é o mais utilizado, pois desta forma é possível utilizar uma grande variedade de matérias-primas naturais com potencial biotecnológico, como amiláceas, sacaríneas ou celulósicas, e desta forma é o método mais econômico (BORZANI *et al.*, 2001). Em alguns processos fermentativos e de destilação, é possível que a concentração de vapor de etanol alcance níveis tóxicos, podendo causar inflamação da mucosa nasal e conjuntiva, irritação na pele, e ainda envenenamento. Desta forma, o monitoramento contínuo do etanol na fase gasosa é fundamental do ponto de vista de saúde humana, além de segurança e prevenção de perdas em vários processos industriais (MITSUBAYASHI *et al.*, 1994).

Um uso em particular tem se tornado bem popular: o etanol obtido por rota fermentativa é largamente empregado como biocombustível, podendo ser usado diretamente ou na mistura com gasolina (ALHADEFF, 2005). O processo de produção é basicamente o mesmo do utilizado para bebidas alcóolicas, com a utilização de micro-organismos para fermentar soluções de açúcares para a produção de álcool e dióxido de carbono como coproduto metabólico. O teor

alcolico resultante da fermentação fica entre 6 e 12%, e concentrações mais altas são obtidas por destilação, primeiro em uma coluna stripper (60-90%) e em seguida em uma coluna retificadora (95%) (HUNSAKER; MCBRAYER; ELMORE, 1989).

Segundo a ANP (2012a), a definição de etanol usado como biocombustível, que pode ser encontrado na forma hidratada ou anidra, é dada pela Lei 12.490, de 16 de setembro de 2011: “Biocombustível líquido derivado de biomassa renovável, que tem como principal componente o álcool etílico, que pode ser utilizado, diretamente ou mediante alterações, em motores a combustão interna com ignição por centelha, em outras formas de geração de energia ou em indústria petroquímica, podendo ser obtido por rotas tecnológicas distintas, conforme especificado em regulamento”.

O uso de etanol como biocombustível tem o potencial de não apenas reduzir as emissões de gases do efeito estufa, como também pode contribuir na redução do preço do petróleo, ao reduzir a demanda deste (LEAL; HORTA NOGUEIRA; CORTEZ, 2012). No Brasil, a decisão de usar cana de açúcar na produção de etanol foi tomada em 1975 pelo Governo Federal, de modo a reduzir as importações de petróleo, que vinha aumentando de preço, e diminuir o desequilíbrio no balanço comercial externo (MOREIRA; GOLDEMBERG, 1999).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), cerca de 55% da cana colhida na safra de 2008 foi usada na produção de biocombustíveis, enquanto 44% foi transformada em açúcar. O restante foi usado na fabricação de cachaça e rapadura e como alimento para gado, sementes e mudas (“Produção de álcool e de açúcar baterá recorde em 2008, prevê Conab,” 2008).

Atualmente, praticamente todo bioetanol é produzido a partir de grãos ou cana de açúcar. A necessidade de novas áreas de cultivo pode resultar em um impacto positivo no desenvolvimento rural. Entretanto, pode haver competição por áreas produtoras de alimentos, além de impactos ambientais negativos. Desta forma, uma das alternativas consideradas para a produção de etanol é a utilização de matérias-primas lignocelulósicas (MUSSATTO *et al.*, 2010).

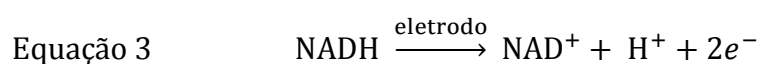
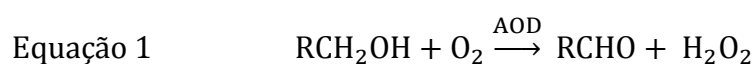
A produção mundial de etanol em 2010 foi cerca de 16% superior à de 2009. Estima-se que a demanda de etanol crescerá cerca de 80% em 2015, em relação à 2010 (GEIVER; JESSEN, 2010). A taxa média anual de crescimento da produção brasileira total de etanol para o período 2002-2011 foi de 6,9%. Porém, em 2011 houve uma queda de quase 19% na produção de etanol em relação a 2010 – devido à diminuição da safra de cana-de-açúcar por causa de problemas climáticos, e do aumento da produção de açúcar, cujo preço esteve mais vantajoso no mercado internacional em comparação ao etanol. Por outro lado, as exportações mundiais totais de etanol chegaram a quase dois milhões de metros cúbicos em 2011, uma alta de mais de 3% em relação ao ano anterior (ANP, 2012). Desta forma, pode-se estimar que a produção e demanda de etanol devem continuar crescendo nos próximos anos, sendo que também deve haver um interesse crescente na sua utilização como biocombustível.

Existem muitos métodos analíticos já desenvolvidos para detecção de etanol que não utilizam biossensores. Dentre eles, é possível listar métodos químicos, como titulação redox, e outros, como os que utilizam medidas de massa específica e do índice de refração, assim como métodos de cromatografia e de espectroscopia. Alguns desses métodos são precisos e confiáveis, porém podem apresentar certas desvantagens, como necessidade de processos de separação prévia (destilação, pervaporação), instrumentação cara, operadores treinados, além de serem complexos e demorados. O desenvolvimento de biossensores como, por exemplo, os baseados em enzimas, pode resolver esses inconvenientes (AZEVEDO *et al.*, 2005).

A medição adequada e com alta seletividade, sensibilidade e precisão de etanol é muito importante em laboratórios clínicos e forenses para análise de fluídos humanos, como saliva, sangue, hálito e urina, entre outros. Além disso, as indústrias de alimentos, de bebidas e de celulose também necessitam de métodos rápidos de análise para o controle do processo de fermentação e de qualidade (PATEL *et al.*, 2001). A determinação de etanol também é importante em análises ambientais e agrícolas (AZEVEDO *et al.*, 2005).

Nesse contexto, o desenvolvimento de novos biossensores capazes de detectar e medir a concentração de etanol de modo contínuo, em tempo real, seria de enorme interesse e grande aplicação tecnológica.

Na análise de etanol em amostras complexas, o uso de enzimas tem se mostrado uma alternativa interessante, pois apresenta um gasto menor em pré-tratamentos, além de uma maior especificidade. As enzimas são a álcool oxidase (AOD) e a álcool desidrogenase (ADH), e são utilizadas imobilizadas geralmente em biossensores eletroquímicos (PATEL *et al.*, 2001). Nos casos em que a AOD é usada, monitora-se o consumo de O₂ ou a produção de H₂O₂ (SANTOS, 2003). A AOD é responsável pela oxidação de álcoois de baixo peso molecular ao aldeído correspondente, usando oxigênio molecular (O₂) como receptor de elétrons, de acordo com a Equação 1 (AZEVEDO *et al.*, 2005; MITSUBAYASHI *et al.*, 1994). Já nos biossensores que usam ADH, esta catalisa a oxidação do etanol a acetaldeído, na presença da coenzima nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD⁺), como pode ser visto na Equação 2 e Equação 3 (SANTOS, 2003). A ADH tem a vantagem de ser mais estável e mais específica para etanol que a AOD, porém tem a desvantagem de depender do cofator NAD⁺ dissolvido, que deve ser adicionado ao ensaio, e ficar próximo da enzima (AZEVEDO *et al.*, 2005; PATEL *et al.*, 2001).



Capítulo 3 – Metodologia

3.1. Introdução

Um levantamento das atividades de pesquisa, estudo e prospecção tecnológica na área de bioprocessos foi feito, mais especificamente, relacionado ao tema de biossensores para detecção de etanol, buscando localizar os artigos científicos publicados em periódicos, *reviews*, e também patentes.

Assim, para elaboração deste trabalho, foram executadas pesquisas em algumas bases de conhecimento disponíveis gratuitamente para o corpo acadêmico da UFRJ.

A metodologia descrita a seguir foi elaborada de acordo com os procedimentos de busca realizados na elaboração deste trabalho, e as captura de tela foram feitas em outubro de 2012. Os portais das bases de conhecimento são dinâmicos, e podem ser alterados com o tempo. O importante é compreender os fundamentos e os conceitos nos quais as buscas foram executadas e refinadas.

Desta forma, é fundamental definir uma estratégia de busca. Entende-se como estratégia de busca a definição dos campos nos quais a pesquisa será realizada, a combinação, ou não, destes campos, e quais termos de busca serão utilizados.

Um parâmetro importante de uma estratégia de busca é a escolha dos termos utilizados, pois isso definirá a qualidade e relevância dos resultados obtidos. Além disso, é importante escolher os campos de busca de modo a definir adequadamente a abrangência da mesma. Os termos usados nas buscas foram definidos após a sondagem inicial feita no Portal Capes (CAPES, 2012), e leitura do material primeiramente encontrado.

3.2. Descrição detalhada

Neste item será descrita detalhadamente a metodologia utilizada em cada base de conhecimento.

3.2.1. Portal Capes

Os resultados foram obtidos em diversas pesquisas realizadas utilizando palavras-chave relacionadas ao tema, inicialmente através do Portal Capes (CAPES, 2012), que apresenta a vantagem de concentrar todos os resultados de diversas bases de conhecimento na mesma tela de busca. Entretanto, apresenta algumas desvantagens, principalmente na hora de refinar os resultados e na sua análise. A busca efetuada no Portal Capes serviu como uma sondagem inicial para seleção dos termos de busca e avaliação das bases de dados disponíveis, e a partir dos resultados obtidos escolheu-se duas bases de conhecimento e os termos de busca a ser utilizados.

Na Figura 2 é exibida a tela inicial do Portal Capes. A busca pode ser realizada de duas formas, ou clicando-se em *Busca->Buscar assunto* superior, ou digitando o termo a ser pesquisado diretamente no campo *Buscar assunto*. Também é possível realizar uma busca avançada, que permite, entre outros, definir os campos de busca, a data da publicação, o tipo de material, o idioma da publicação e selecionar as bases de dados utilizados.



Figura 2. Tela inicial do Portal Capes

O Portal Capes permite outra possibilidade de busca extremamente útil, especificamente nos casos que já se possui referências conhecidas, normalmente encontradas nos artigos já localizados, ou seja, quando já se sabe qual o artigo deve

ser encontrado, e o periódico pelo qual foi publicado. Esta busca é feita na tela inicial do portal, no campo *Buscar periódico* (ver Figura 2), e uma busca avançada também é possível.

Recomenda-se que seja realizado o cadastro no Portal Capes, pois desta forma ficam disponíveis algumas funções extras e personalizações, como gravar seus artigos preferidos em pastas e também gravar suas buscas preferidas. O cadastro é feito clicando-se em *Meu Espaço* (ver Figura 3) e em seguida *Novo usuário* e preenchendo-se o formulário apresentado.

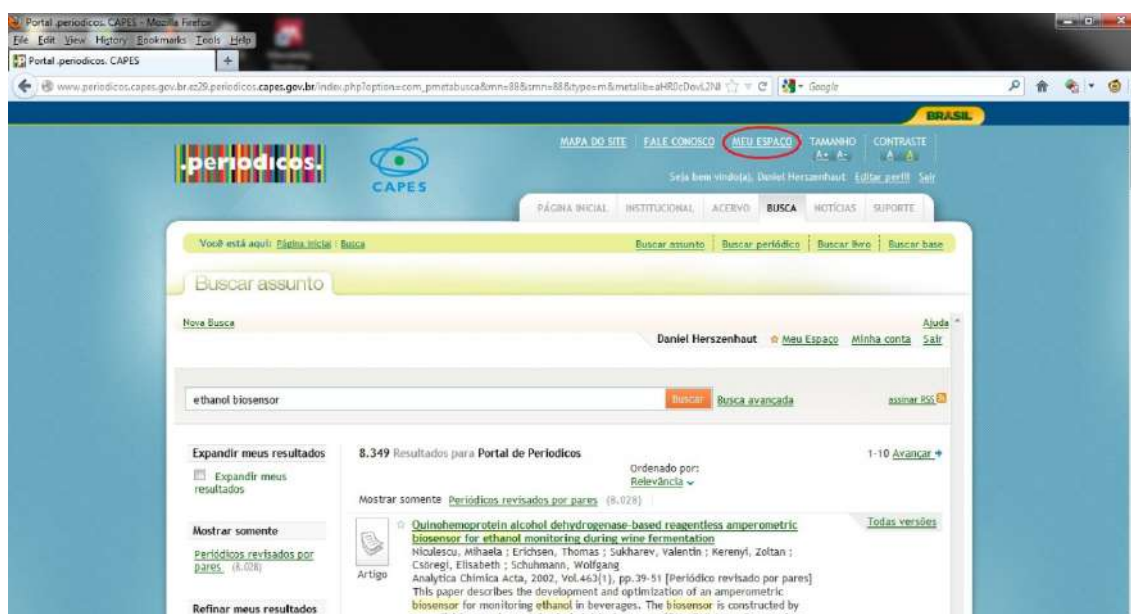


Figura 3. Resultados de uma busca no Portal Capes

Os resultados de uma busca por *ethanol biosensor* é apresentado na Figura 3. É possível ordenar os resultados por *relevância*, *Data – Mais recentes*, *Mais acessados*, *Autor* e *Título*. Também é possível utilizar algumas ferramentas simples para refinar os resultados, como, por exemplo, por *Tópico*, *Autor*, *Coleção* (base de dados), *Data de publicação*, *Tipo de recurso* (artigos, resenhas, artigos de jornal, entre outros), *Idioma*, *Título do periódico*.

Definiu-se então que a busca seria realizada nas bases Scopus (ELSEVIER, 2012) e também a Web of Knowledge (THOMSON-REUTERS, 2012), com análise dos documentos científicos publicados, como artigos em periódicos, *reviews* e patentes. Essas duas bases foram escolhidas por serem bem conhecidas, possuírem um grande número de publicações indexadas, e por serem duas das mais

consultadas, ou seja, bem representativas na área de pesquisa, permitindo acesso a artigos dos principais periódicos. Além disso, ambas permitem o acesso ao texto completo de boa parte dos documentos indexados, de acordo com a assinatura fornecida pela CAPES. A Scopus também permite o *download* em lote de vários documentos por vez, enquanto na Web of Knowledge deve ser feito documento por documento. Os resultados obtidos nas pesquisas foram consolidados por base de dados e termo de busca utilizado, de modo a registrar a procedência dos resultados obtidos. A Scopus inclusive lista todos os documentos indexados na ScienceDirect, também da Elsevier, que possui várias publicações na área pesquisada. Ambas as bases de conhecimento podem ser acessadas através do Portal Capes (CAPES, 2012), realizando uma busca pelo respectivo nome no campo *Buscar base*.

Novamente, é válido destacar que é recomendado o cadastro em cada base de dados, pois desta forma é possível registrar o histórico de buscas, gravar as buscas preferidas, definir as configurações padrão nas buscas e ainda cadastrar alertas, que avisam por e-mail quando novos artigos são disponibilizados na base, de acordo com o termo de busca definido.

3.2.2. Scopus

Na parte de análise dos resultados da prospecção tecnológica como, por exemplo, a evolução de documentos publicados a cada ano e por país, a pesquisa de artigos foi realizada predominantemente utilizando a Scopus (ELSEVIER, 2012). Essa base foi escolhida porque fornece boas ferramentas nativas de análise dos resultados em gráfico e a possibilidade de exportar para edição em planilhas eletrônicas.

Nas buscas realizadas na base Scopus, o procedimento adotado é descrito a seguir. Um procedimento interessante é realizar a busca no campo *Título do documento*, porém dependendo do termo pesquisado, os resultados apresentados podem não representar todos os trabalhos de pesquisa indexados, pois nem sempre o termo inserido está explicitado no título. Desta forma, outra abordagem válida é realizar a busca nos campos *Título-Resumo-palavras chave (Title-Abstract-Keywords)*, que retorna um resultado maior de documentos, porém há o risco de

alguns desses resultados não refletirem o assunto desejado. Outras opções de seleção de campos também são possíveis, e a escolha adequada dos termos de buscas e dos campos pesquisados é de grande importância na realização de uma boa pesquisa.

A primeira tela após o login na Scopus pode ser visualizada na Figura 4, e nessa mesma tela que a busca é realizada. A busca exemplificada utilizou o termo *ethanol biosensor* nos campos *Título, Resumo e palavras-chave (TITLE-ABS-KEY)* e não foi feita nenhum tipo de limitação (por exemplo, em área de conhecimento ou anos). Assim, os resultados obtidos contêm documentos de 1960 até 2013 (inclusive *articles in press*, ou seja, artigos já aprovados porém ainda não publicados). Também é possível adicionar mais campos na busca, com termos distintos em cada campo selecionado, ou ainda utilizar operadores booleanos como *AND* ou *OR* ou ainda *AND NOT* para obter melhores resultados, de acordo com a necessidade.

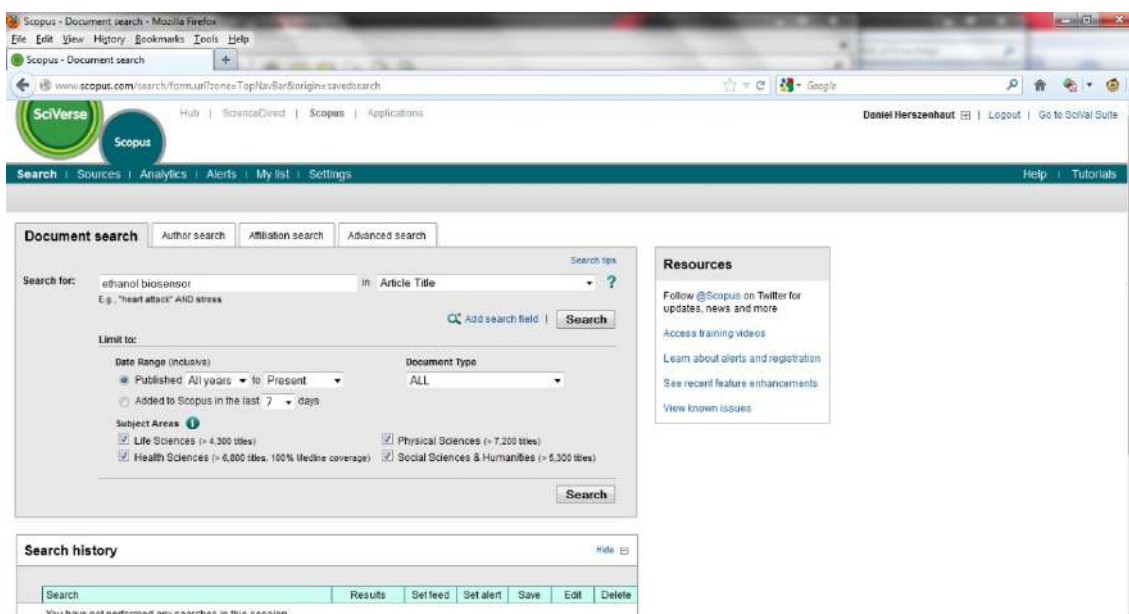


Figura 4. Tela inicial do Portal Scopus

A Scopus indexa diversos tipos de documentos, dentre eles: *Articles, Conference Papers, Reviews, Articles in Press, Errata, Short Surveys, Notes, Letters, Editorials, Abstract Reports, e Conference Reviews.*

Os resultados da busca realizada são exibidos na Figura 5. A tela de resultados possui várias informações, dentre elas convém destacar o número de

documentos encontrados (505), resultados Web (247) o número de patentes (27). É possível ordenar os resultados selecionando *Sort by*, por exemplo, pelos mais recentes ou ainda os mais citados primeiro. É possível refinar os resultados de várias formas, selecionando os campos desejados na lateral esquerda. Também há possibilidade de realizar uma busca nos resultados obtidos. Além disso, é possível utilizar uma ferramenta para analisar os resultados (*Analyze results*), na qual é possível exibir gráficos gerados diretamente pela Scopus.

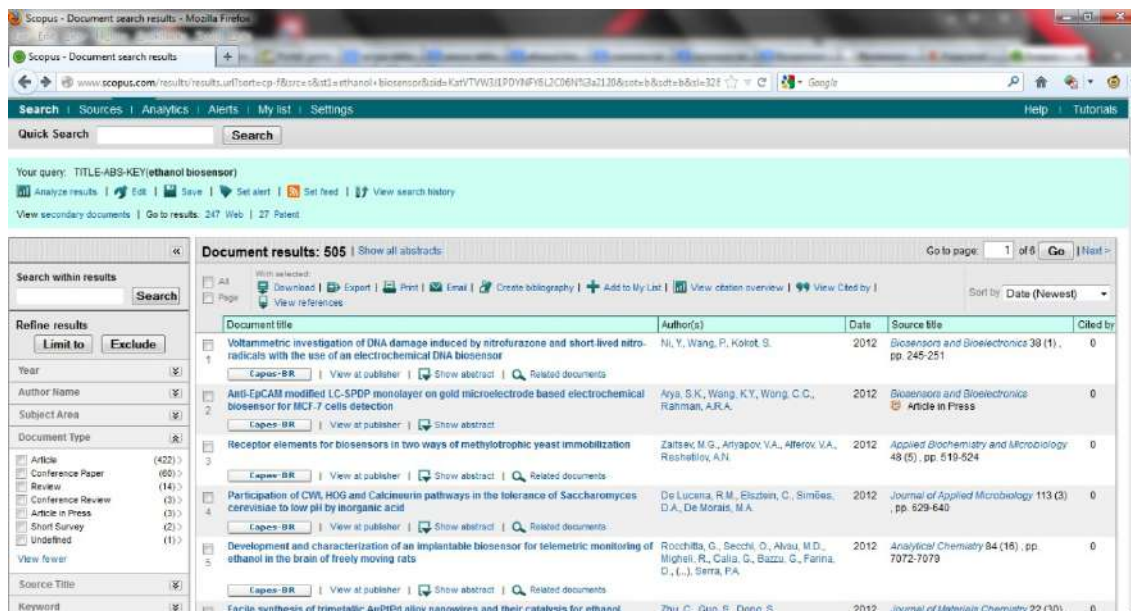


Figura 5. Tela com resultados de uma busca na Scopus

No caso dos resultados web e patentes, ao clicar-se no número de resultados, uma nova aba apresentando os resultados é aberta. Esses documentos são localizados de forma externa à base Scopus, e muitas vezes não é possível o acesso aos textos completos. Já em relação aos resultados apresentados na tela (505), geralmente é permitido o acesso ao texto completo em PDF, ou pelo menos ao resumo do artigo/documento.

A partir dos resultados obtidos nas busca na Scopus, os documentos completos disponíveis foram gravados e analisados, sendo principalmente os artigos em periódicos (*article* e *article in press*), *reviews*, *conference papers*, e *conference reviews*, entre outros.

A Scopus permite exportar os resultados de cada busca para posterior uso em software específico de gestão de referências, o que será explicado e detalhado

mais adiante na descrição da metodologia. Assim, para realizar a exportação, na tela de resultados (Figura 5) basta selecionar todos os resultados (*All*) e em seguida clicar em *Export*. Uma nova tela é aberta (Figura 6), na qual escolhe-se o formato do arquivo exportado (BibTeX, mas outros formatos estão disponíveis), e que informações serão exportar (*Output: Complete format*). Em seguida basta clicar em *Export* e gravar o arquivo, que em seguida poderá ser importado em softwares de gerenciamento de referências, como o EndNote e o Mendeley.

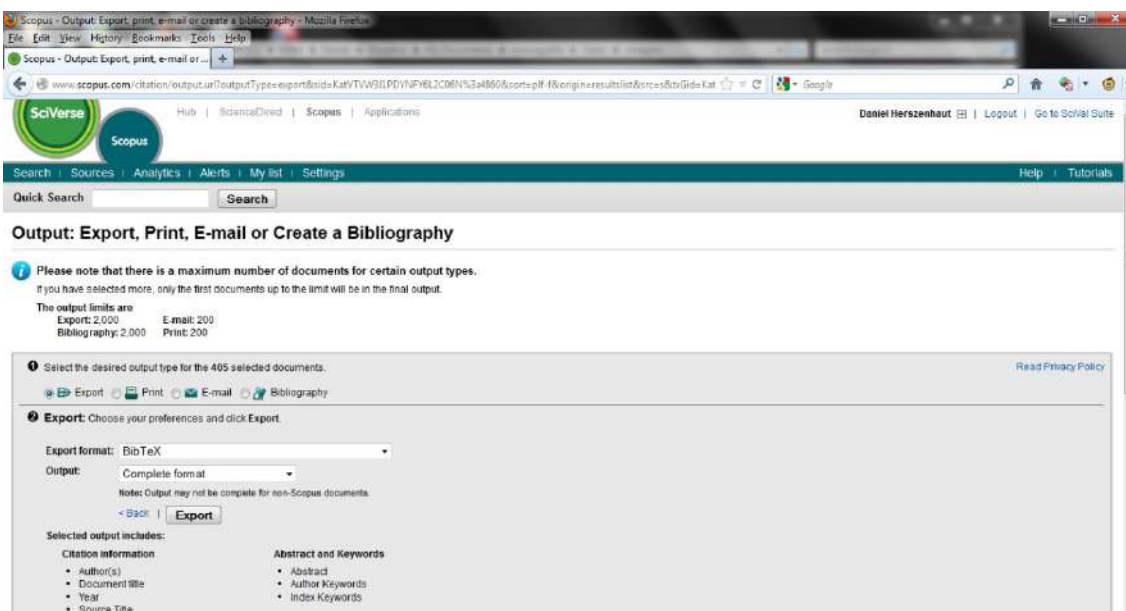


Figura 6. Tela de exportação de resultados da Scopus

Também é possível gravar os textos completos em lote, ou seja, gravar vários documentos por vez, permitindo o acesso local no computador utilizado. Os arquivos são gravados no formato Adobe Acrobat (PDF) quando disponíveis com texto completo, e no formato HTML quando apenas o resumo (*abstract*) estiver disponível. Para gravar os documentos dos resultados apresentados recomenda-se selecionar a exibição de 50 resultados por página (Figura 7), pois o máximo de gravação por lote é de 51 documentos. Em seguida, seleciona-se todos os resultados da página (*All*) e clica-se em *Download* (Figura 8). Uma nova janela é aberta (Figura 9), sendo possível selecionar o local onde os arquivos serão gravados e também a “máscara” que definirá a estrutura do nome dos arquivos. Essa “máscara” permite gravar os arquivos seguindo uma padronização no nome. Nesse trabalho foi usada a máscara “(Ano da publicação)_(Primer Autor)_(Título do artigo).pdf”, mas outras combinações e ordens são possíveis. Para download em

lote dos documentos, é necessário ter a última versão do Java Runtime Engine (JRE) instalado. Caso não tenha, o próprio site apresentará um erro e o link para instalar/atualizar para a última versão.



Figura 7. Seleção do número de resultados exibidos por página

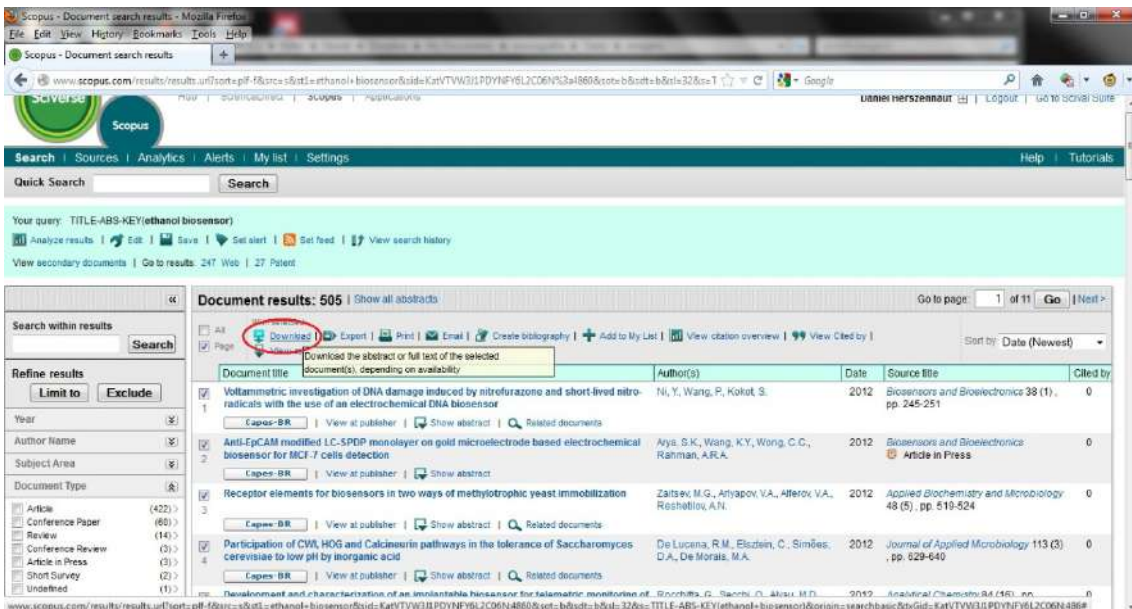


Figura 8. Lista dos documentos obtidos na Scopus, marcados para download.

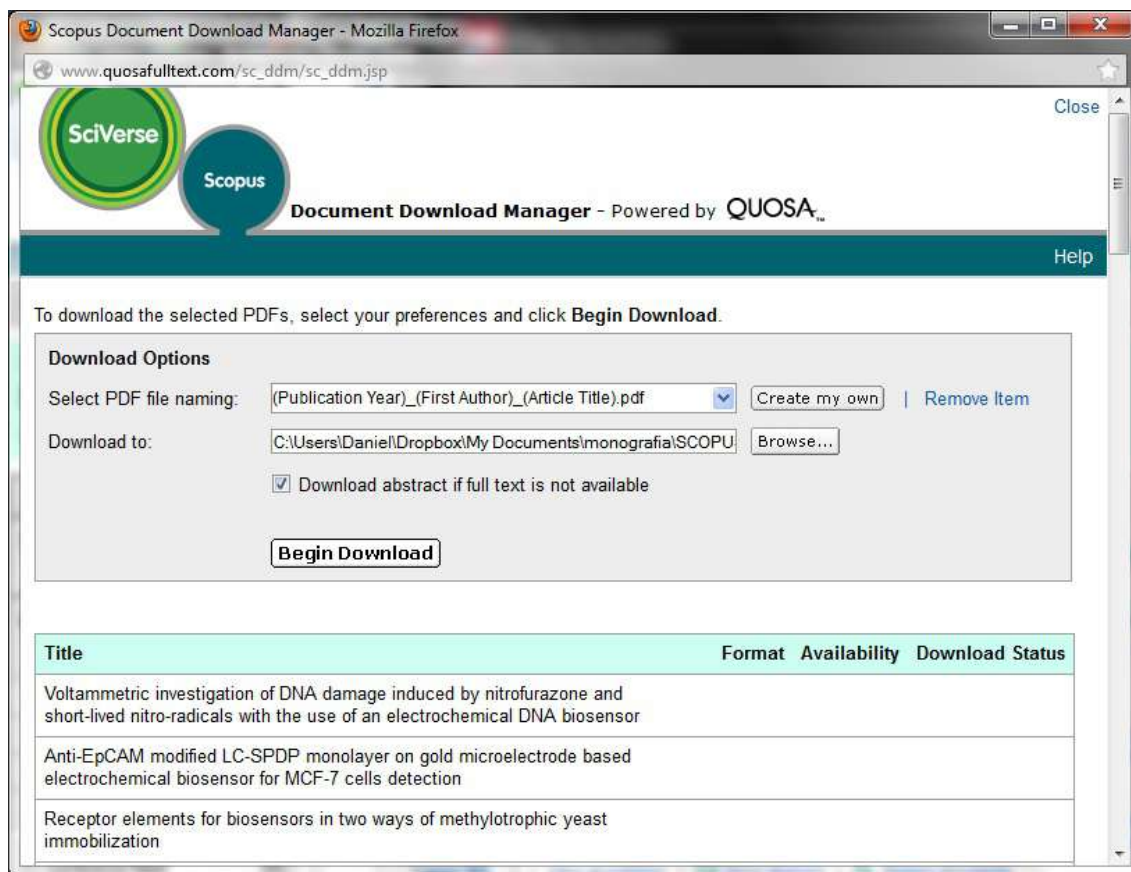


Figura 9. Tela de download em lote dos documentos (Scopus)

A Scopus também possui uma ferramenta de Análise de Resultados. Seu uso é bem simples: após realizar uma busca, na tela de resultados (Figura 5), basta clicar em *Analyze results* e depois no tipo de análise desejado. Um gráfico é exibido (Figura 10). É possível selecionar o tipo de análise desejado dentre uma lista de critérios de análise, ou elementos de controle. Na Figura 10 é possível visualizar os critérios de análise: ano, título da fonte, nome do autor (e da afiliação), país, tipo de documento e área de pesquisa. Também é possível definir o escopo da análise, como, por exemplo, selecionando o intervalo de anos ou países a serem incluídos no gráfico. As análises também podem ser exportadas (basta clicar em *Export*) no formato CSV, que pode ser importado em qualquer planilha eletrônica. Uma observação: nos gráficos gerados pelo próprio Scopus, foi percebida uma falha na exibição dos gráficos quando há algum campo com mais de mil resultados, então é necessário atenção quando há mais de 1000 resultados por elemento de controle (critério de análise, como ano ou país), o resultado é colocado no fim da lista (por exemplo, 1.000 fica no fim junto do 1, e 2.000 perto do 2).



Figura 10. Análise de resultados na Scopus

Como dito anteriormente, caso tenha sido feito login no site do Scopus, o histórico de buscas da sessão ativa é automaticamente gravado, e caso haja interesse é possível gravar as buscas para uso futuro ou ainda para configurar um alerta.

3.2.3. Web of Knowledge

A base de conhecimento Web Of Knowledge (THOMSON-REUTERS, 2012) foi outra bastante utilizada nesse trabalho. Os conceitos de buscas, formas de ordenar e refinar resultados, e exportar os resultados são bem semelhantes ao já abordado em relação à Scopus, com alguns detalhes diferentes que serão detalhados a seguir. Ao contrário da Scopus, que só pode ser acessada de endereços IP autorizados, ou seja, a partir da UFRJ ou com um uso de um *proxy*, a Web of Knowledge pode ser acessada de qualquer local, desde que seja realizado um cadastro prévio utilizando um e-mail institucional (@ufrj.br ou outro autorizado). Esse acesso permite o acesso completo às buscas, ferramentas e resultados das pesquisas na base de conhecimento, porém não permite o acesso à maioria dos textos completos, já que para acessá-los há um redirecionamento para o site da editora que publicou o documento, e geralmente esse acesso só é permitido gratuitamente a partir de endereços IP autorizados.

A página inicial de busca pode ser vista na Figura 11. De forma semelhante que na Scopus, é possível realizar a pesquisa em diversos campos e utilizar operadores booleanos.

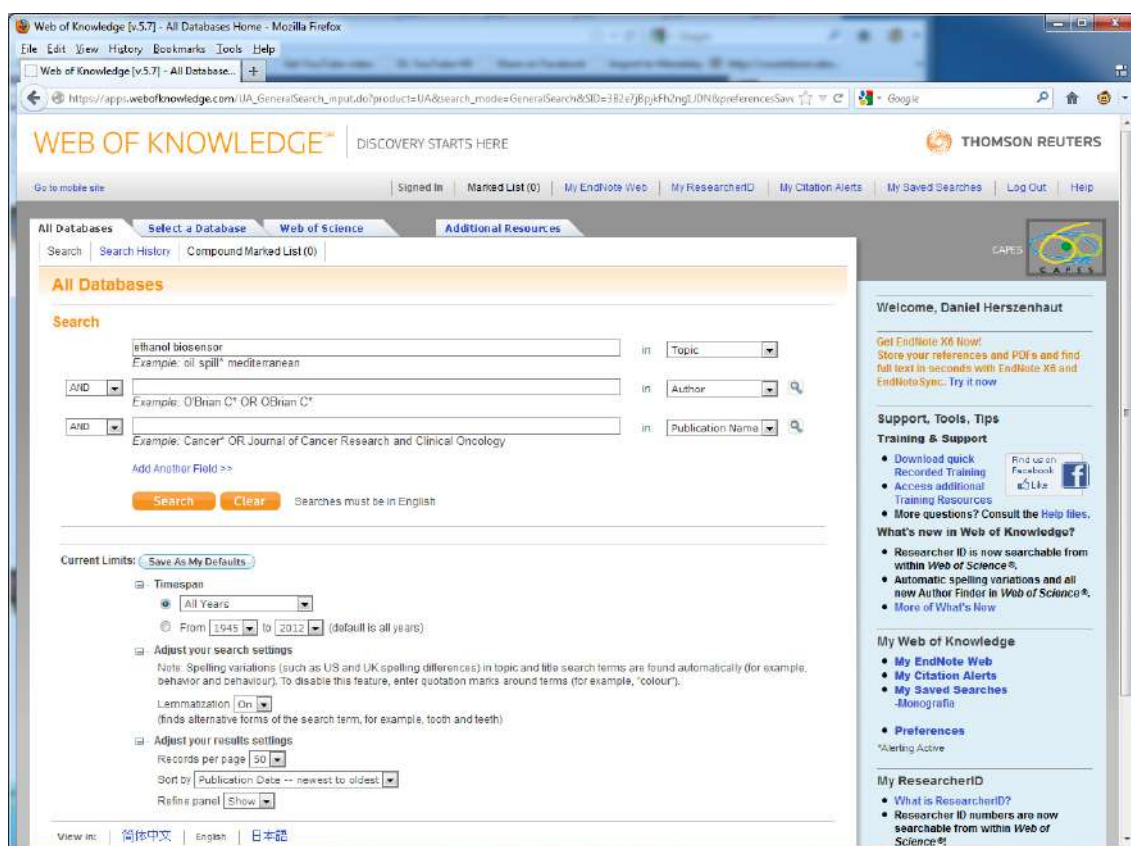


Figura 11. Tela inicial de busca da Web of Knowledge

Como pode ser visto na pesquisa exemplo, utilizou-se o termo *ethanol biosensor* e selecionou-se o campo *Topic*. Ao selecionar o campo *Topic*, a busca é realizada de forma semelhante à realizada na Scopus nos campos *Title-Abstract-Keywords*, porém apenas os campos título e resumo são pesquisados. Não foi feita nenhuma seleção de base de dados ou intervalo de anos, portanto a busca foi realizada em todas as bases de dados indexadas pela Web of Knowledge (*All databases*), o que também inclui patentes, e em todos os anos disponíveis (1945-2012). A opção *Lemmatization* foi solicitada (marcado *On*), e desta forma os resultados incluirão sinônimos dos termos de busca usados, se houver, e suas variações (singular, plural, formas semelhantes, inglês americano, inglês britânico, entre outras opções).

Na Figura 12 é apresentada a tela com os resultados da busca exemplo realizada. Também é possível ordenar os resultados por data de publicação (mais recentes ou antigos primeiro), número de citações (crescente e decrescente), entre outras opções, e ainda refiná-los por área do conhecimento, nome do(s) autor(es), nome do periódico, instituição de pesquisa, tipo de documento, entre outros.

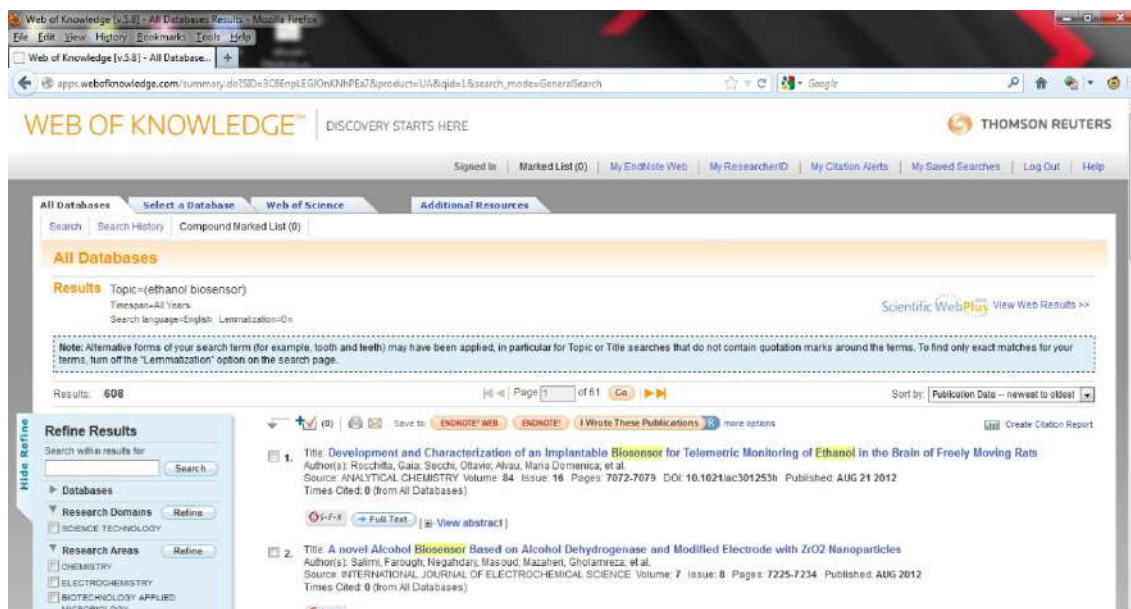
The image shows a screenshot of the Web of Knowledge search results page. The browser address bar shows the URL: appc.wobofknowledge.com/summary.do?SID=3CB&emplEGiOkNHFea7&products=UA&qde=L&search_mode=GeneralSearch. The page header includes the Thomson Reuters logo and navigation links like 'Signed In', 'Marked List (0)', 'My EndNote Web', 'My ResearcherID', 'My Citation Alerts', 'My Saved Searches', 'Log Out', and 'Help'. The main content area shows search results for the topic '(ethanol biosensor)'. It indicates 608 results and provides options to refine results by databases, research domains, and research areas. Two search results are visible: 1. 'Development and Characterization of an Implantable Biosensor for Telemetric Monitoring of Ethanol in the Brain of Freely Moving Rats' by Rocchitta, Gaia, Secchi, Ottavio, Alvaio, Maria Domenica, et al. 2. 'A novel Alcohol Biosensor Based on Alcohol Dehydrogenase and Modified Electrode with ZrO2 Nanoparticles' by Salimi, Farough, Negahdary, Masoud, Mazaheri, Gholamreza, et al. The page also includes a 'Refine Results' sidebar and a 'Save to' button for EndNote.

Figura 12. Resultados de uma busca na Web of Knowledge

A Web of Knowledge também permite exportar os resultados para utilizar as referências externamente (Figura 13), ou seja, utilizando um software para gerenciá-las. No fim da página com os resultados da busca, primeiro deve-se selecionar quais documentos deseja-se exportar; no caso de todos, digita-se o intervalo do primeiro ao último resultado. Em seguida seleciona-se o que vai ser exportado, no caso Autores, Título, fonte e resumo. O terceiro passo é selecionar o formato a ser exportado, que pode variar de acordo com o uso pretendido ou software utilizado, e clicar em *Save*.

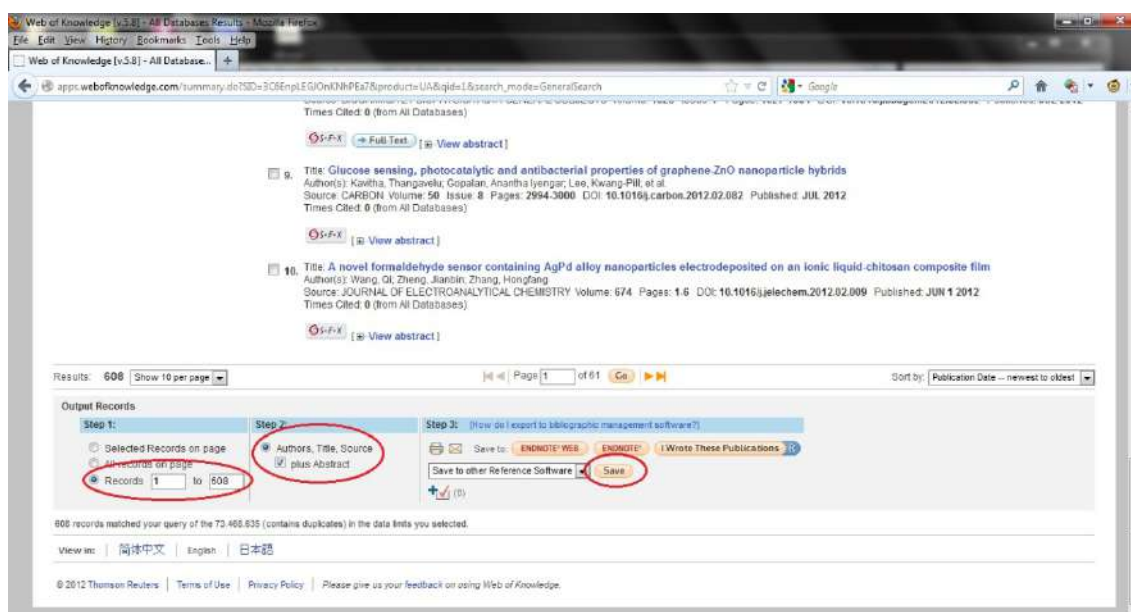


Figura 13. Exportação de resultados na Web of Knowledge

Por fim, caso haja alguma dúvida ou dificuldade de uso, os sites do Portal Capes, Scopus e Web Of Knowledge possuem um vasto material de ajuda, treinamento e tutoriais. Os funcionários da biblioteca da Escola de Química também estão capacitados para auxiliar e foram de grande ajuda na realização da pesquisa.

3.2.4. Patentes

Além da busca por artigos científicos publicados, outro instrumento muito importante em um trabalho de prospecção tecnológica e pesquisa do “estado da arte” de uma tecnologia é a realização de buscas de patentes.

Nesse tipo de documento específico, podem-se destacar três bases de dados com grande importância na busca de patentes: A primeira é a própria Scopus (ELSEVIER, 2012), que apresenta os resultados de patentes na mesma tela das buscas em geral, conforme já explicado; a segunda é acessada pela Web of Knowledge (THOMSON-REUTERS, 2012), que possui uma base de dados específica para patentes que pode ser selecionada na opção *Select Database*, a Derwent Innovations Index, e que possui grande relevância nesse tipo de busca e apresenta geralmente um bom número de resultados; e por fim, uma base de dados gratuita e aberta para acesso em qualquer local e pessoa com acesso à internet, a Espacenet

(ESPACENET, 2012). O procedimento das duas primeiras já foi explicado anteriormente, e será revisado rapidamente mais adiante, sendo que a metodologia para busca na Espacenet é descrita a seguir.

A base de dados da Espacenet (ESPACENET, 2012), desenvolvida pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO) juntamente com os países membros da Organização Europeia de Patentes, permite acesso a mais de setenta milhões de patentes do mundo inteiro, contendo informações sobre inovações e desenvolvimento tecnológico desde 1836. Geralmente permite-se acesso ao resumo (em inglês) e ao texto completo da patente, quando disponível. Já na página inicial da Espacenet (Figura 14) é possível uma busca rápida (*Smart Search*). Porém, utilizou-se a busca avançada (*Advanced search*), o acesso é feito pelo link destacado.

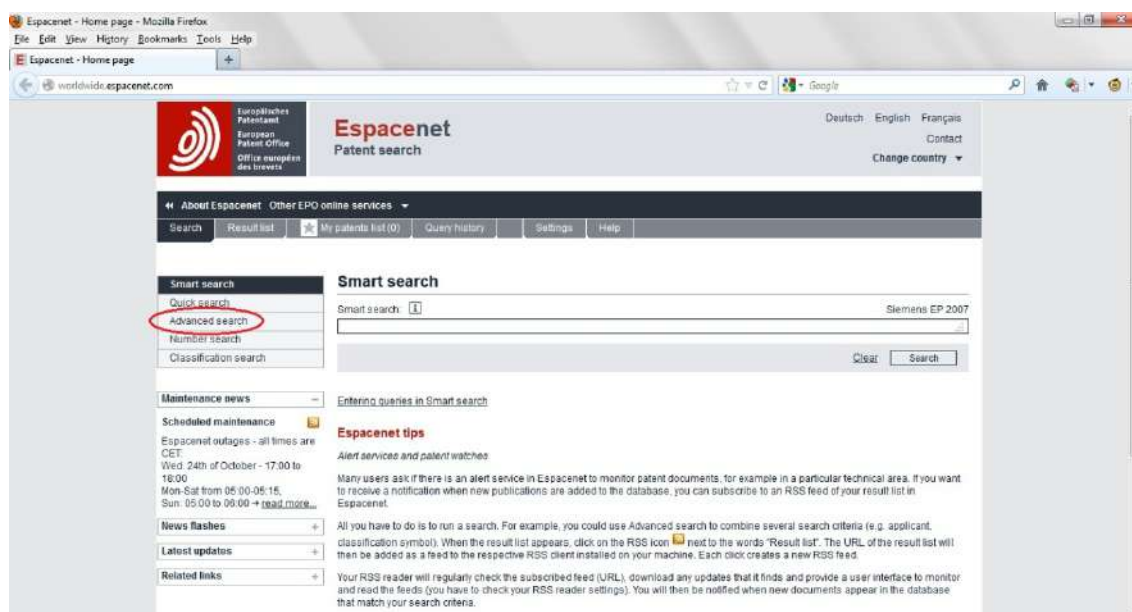


Figura 14. Página inicial da Espacenet

Na busca avançada (Figura 15), as pesquisas foram feitas nos campo Título (Title) ou Título/Resumo (Title/Abstract). Outros campos estão disponíveis (*Publication number, Application number, Priority number, Publication date, Applicant, Inventor*, entre outros), mas não foram utilizados. É possível utilizar *wildcards* (chaves como “*”) nesses campos, e em cada um há um ícone de informação (i) com uma descrição sobre o campo. Também há disponível no site um vasto material de ajuda, que explica como utilizar cada campo e realizar as buscas.

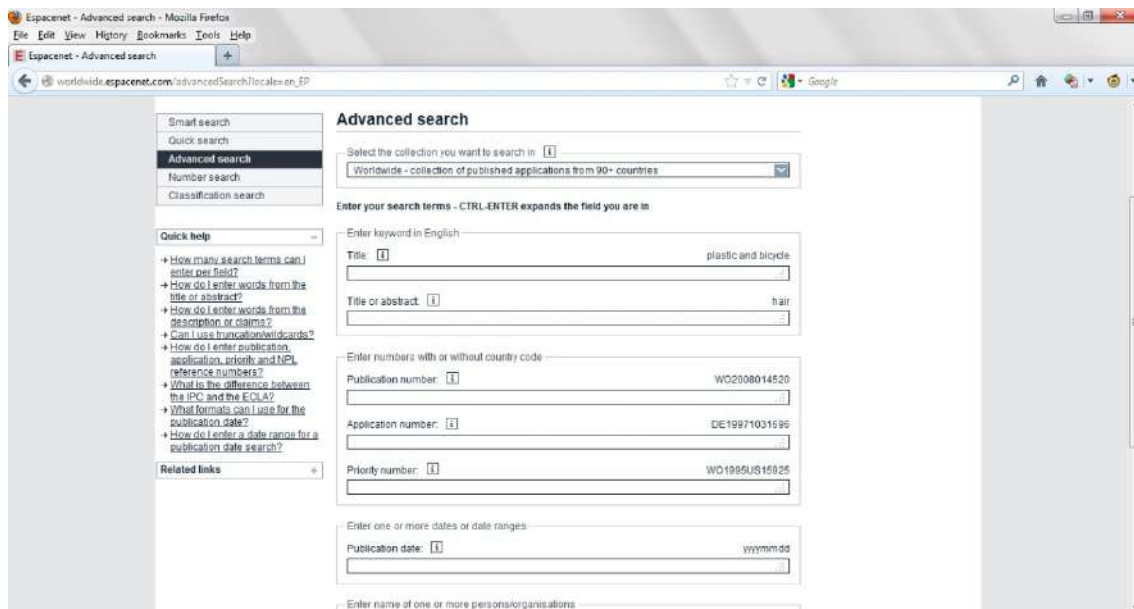


Figura 15. Busca avançada na Espacenet

Realizou-se uma busca exemplo pelo termo *ethanol biosensor* (sem aspas) nos campos Título ou resumo (*Title or abstract*). Os resultados são apresentados na Figura 16. A página inicial dos resultados apresenta apenas quinze resultados por página, com cada resultado exibido em uma forma expandida. De modo a exibir mais resultados por página e facilitar a exportação das patentes encontradas, selecionou-se a opção de visualização compacta (Compact view) que, apesar de exibir menos informações por patente, apresenta um número maior de resultados por página (Figura 17).

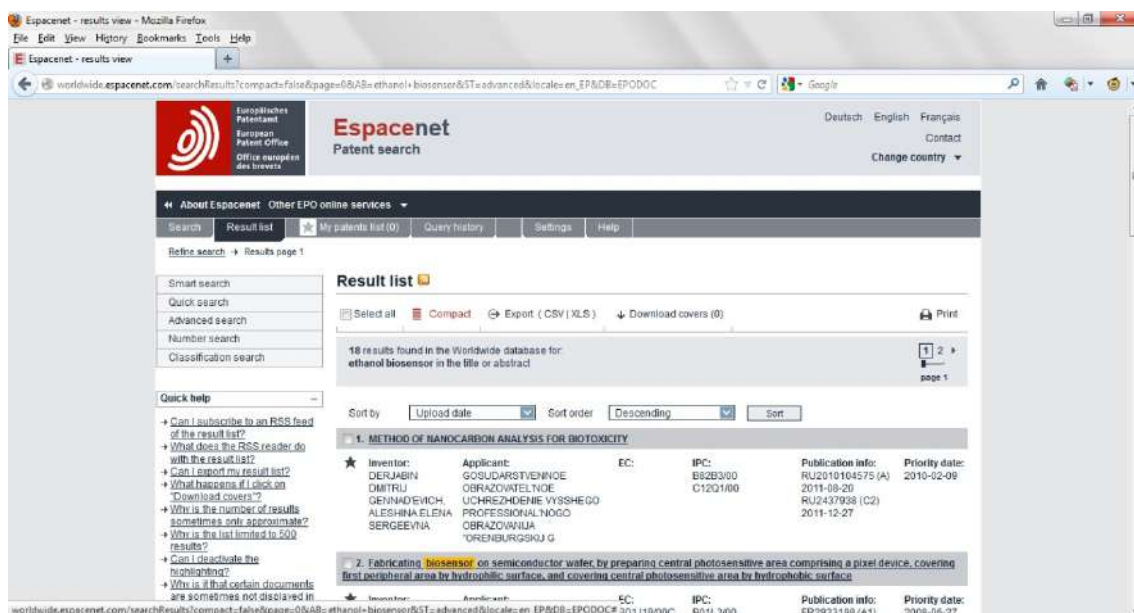


Figura 16. Página inicial de exibição dos resultados de uma busca na Espacenet

Na visualização compacta (Figura 17) é possível selecionar um número maior de resultados por página e exportá-los nos formatos CSV ou XLS para posterior análise em uma planilha eletrônica, como o Excel.

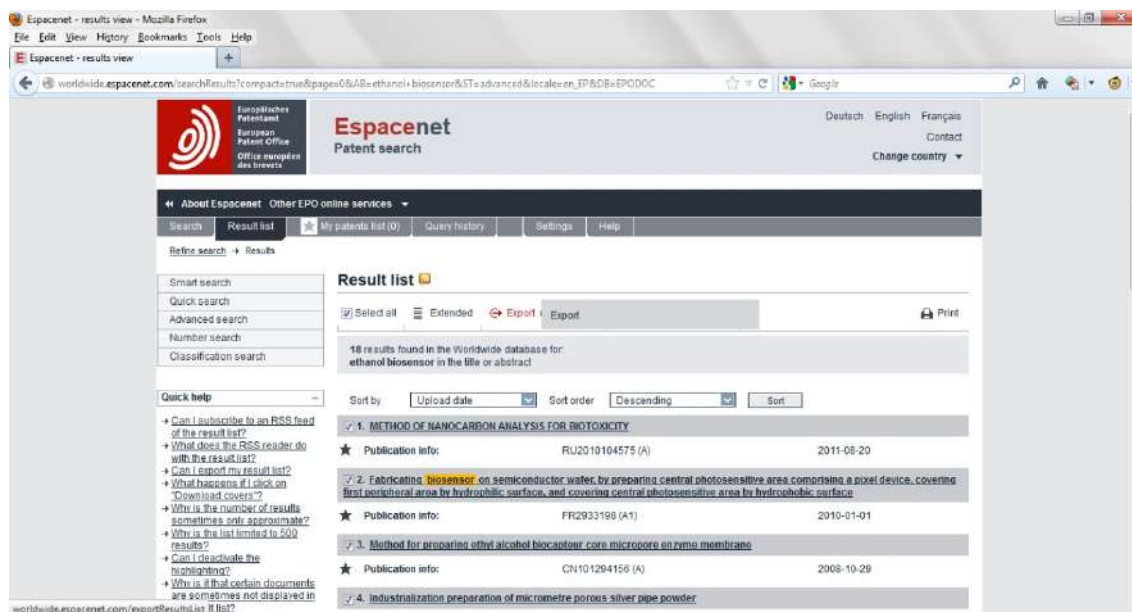


Figura 17. Lista de resultados da Espacenet na visualização compacta

É importante salientar que a Espacenet só apresenta os primeiros quinhentos resultados de uma busca. Dessa forma, é importante, sempre que possível, realizar a pesquisa de forma objetiva e definida.

Outra opção de base de conhecimento para busca de patentes é a Derwent Innovations Index. Esse banco de dados está disponível dentro do portal Web of Knowledge, e possui conceitos e metodologia de busca bem semelhante ao descrito no item 3.2.3. A Derwent Innovations Index (THOMSON-REUTERS, 2012) é um poderoso sistema de pesquisa de patentes que combina a Derwent World Patents Index, a Patents Citation Index e a Chemistry Resource, um banco de dados de estruturas químicas que pode ser usado para localizar patentes contendo informações químicas. A Derwent Innovations Index é atualizada semanalmente e contém mais de 16 milhões de invenções práticas, desde 1963 até os dias de hoje. As informações de patentes são coletadas com 41 autoridades emissoras de patente em todo o mundo e são classificadas em três categorias ou seções: *Chemical, Engineering e Electrical and Electronic* (Química, Engenharia, e Elétrico e Eletrônico).

O procedimento para acesso à Derwent pode ser visto na Figura 18: na tela inicial do site Web of Knowledge há uma opção *Select a Database*. Após clicar nessa opção, seleciona-se a Derwent Innovations Index. A tela inicial de busca na Derwent (Figura 19) possui a mesma estrutura da tela inicial da Web of Knowledge. Os procedimentos e critérios de pesquisa são bem semelhantes, há apenas diferença nos campos disponíveis para a busca (*Topic, Title, Inventor, Patent Number, Int. Patent Classification, Derwent Class Code, Assignee*, entre outros). Também é possível selecionar o intervalo de anos a ser pesquisado e as categorias/seções nas quais a busca será realizada, dentre alguns exemplos de opções disponíveis.

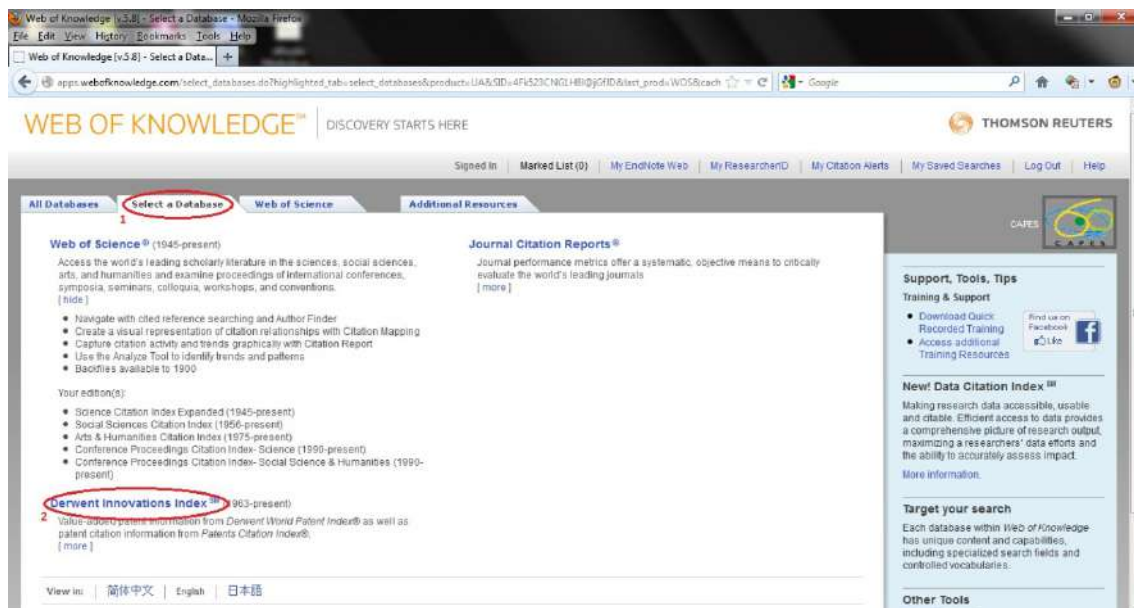


Figura 18. Seleção do banco de dados da Derwent no portal Web of Knowledge

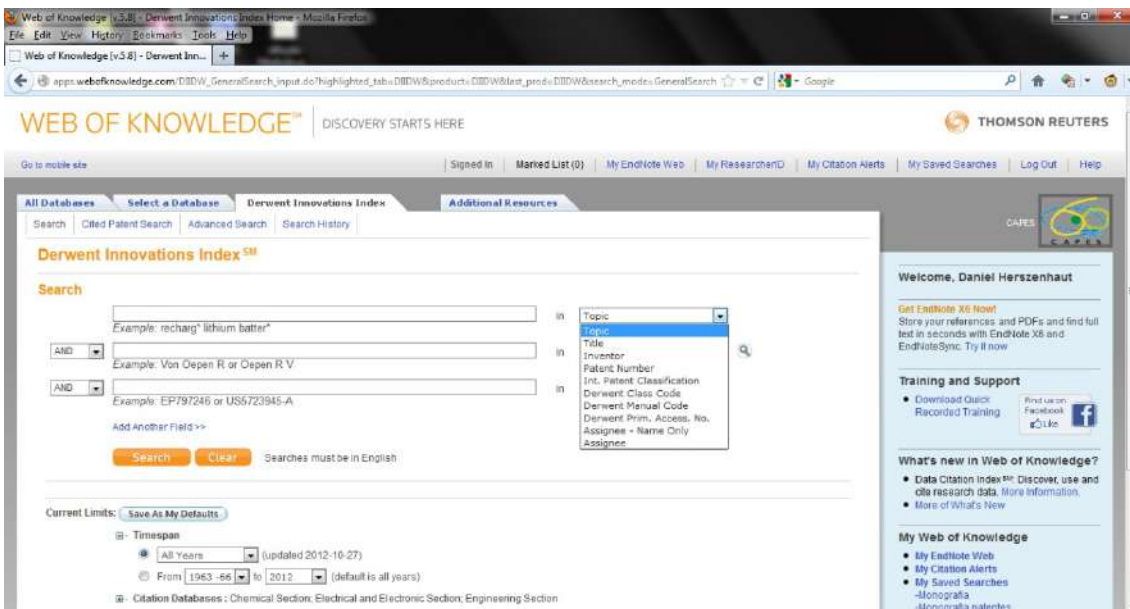


Figura 19. Tela inicial de busca na Derwent Innovations Index

Assim como nas buscas exemplo feitas anteriormente, realizou-se uma busca por *ethanol biosensor* (sem aspas) no campo *Topic*, e nenhum outro critério de busca foi inserido, ou seja, a busca foi realizada em todo intervalo de anos disponível nessa base (1963-2012), em todas as áreas de conhecimento e todos os códigos internacionais de patentes. Os resultados podem ser visualizados na Figura 20.

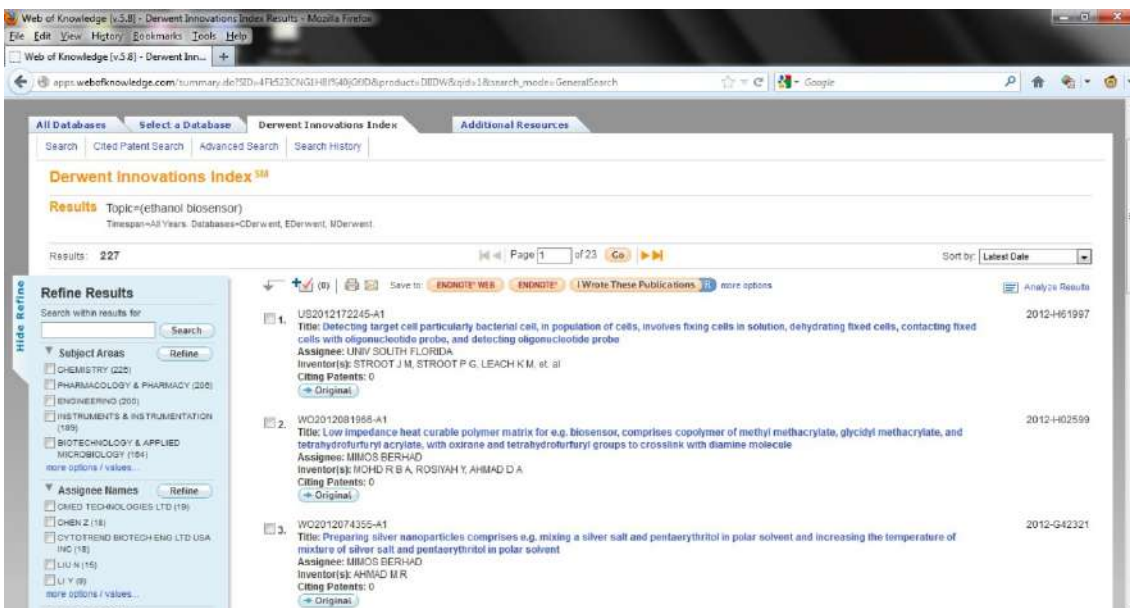


Figura 20. Lista de resultados na Derwent Innovations Index

A busca por patentes também foi feita na Scopus (ELSEVIER, 2012). O procedimento para realizar a pesquisa é bem semelhante à detalhada no item 3.2.2. Na Figura 8 é possível visualizar, para a busca exemplo realizada, que há 27 patentes disponíveis. Caso haja o interesse em visualizar os resultados, basta clicar sobre o número de resultados, que é um link, para ser direcionado para outra página disponibilizada pela Elsevier, o SciVerse Hub. A tela com essa listagem das patentes localizadas na pesquisa exemplo pode ser vista na Figura 21. Em vários dos resultados listados, não foi possível acessar o texto completo ou mesmo o resumo da patente de forma gratuita.

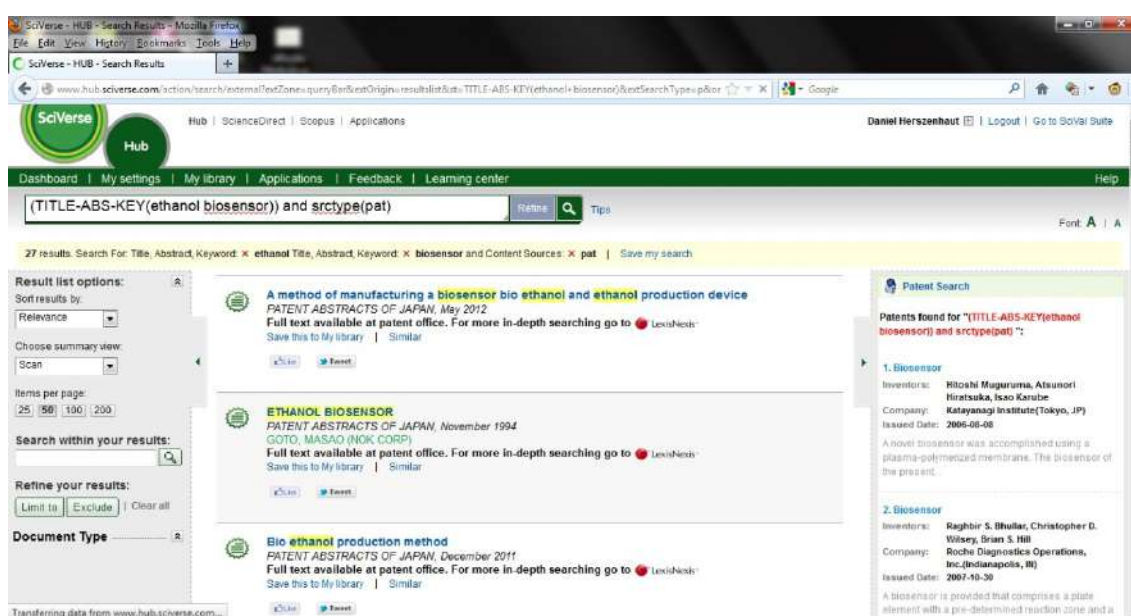


Figura 21. Resultado de uma busca de patentes na Scopus

A Derwent Innovations Index foi a base de dados escolhida para análise dos resultados das buscas de patentes. Ela foi escolhida porque atualmente possui as melhores ferramentas nativas de análise, além de possibilitar a exportação dos resultados para posterior uso em planilha eletrônica.

Entretanto, é importante frisar que foi encontrada uma maior dificuldade na análise das patentes, em comparação à análise de artigos publicados, devido à algumas restrições de acesso existentes: geralmente apenas o resumo está disponível em inglês, o que resulta que pouca informação detalhada sobre o processo tecnológico normalmente encontra-se disponível.

Uma das análises realizadas na Derwent foi o levantamento de patentes por *Assignee* (nome do consignatário/depositante) com intuito de analisar os principais depositantes de patentes, de acordo com o *Assignee Code*. Este *código do depositante* é um código atribuído pela Derwent para cada depositante, seja indivíduo, empresa ou instituição de ensino e pesquisa. A análise pelo *Assignee Code* foi feita na tela de resultados da pesquisa escolhida (*ethanol biosensor OR alcohol biosensor* foi usado no campo *Title*), e em seguida selecionando-se a opção *Analyse results*, em seguida definiu-se que a análise seria pelo *Assignee Code* e exportando os dados obtidos.

É importante destacar que essa base de patentes apresenta algumas restrições na análise dos resultados como, por exemplo, no caso de uma patente ter sido registrada por um mesmo depositante utilizando mais de uma possibilidade de nome, ou seja, sinônimos. Nesse caso, a análise por *Assignee Name* (nome do depositante) pode apresentar inconsistências, duplicando os resultados. Cada nome cadastrado do mesmo depositante é apresentado como um resultado diferente, independente de ser um sinônimo ou mesmo outra instituição co-autora da patente em questão. Desta forma, a análise foi feita pelo *Assignee Code*, e não pelo *Assignee Name*. Cada código encontrado foi posteriormente associado a um nome, após buscas individuais por patente contendo aquele código. Também é importante considerar que uma única patente pode ter mais de um depositante, cada um com seu código individual. Por exemplo, no caso de uma mesma patente que teve três depositantes distintos, cada um terá essa patente contabilizada. Dessa forma, exclui-se da contagem os resultados duplicados devido a sinônimos no nome do depositante, porém mantem-se a informação sobre todos os depositantes de cada patente.

Os resultados obtidos em cada busca (termo de busca/base de conhecimento) estão detalhados no Capítulo 4 – Resultados e Conclusões.

3.3. Análise das estratégias adotadas

Em uma pesquisa na qual utiliza-se diversos termos de busca em diferentes campos, é importante compreender o que cada tipo de busca pode fornecer de

resultados, e se isso atende os objetivos do trabalho. Dessa forma, é importante realizar uma avaliação das estratégias escolhidas e, se necessário, realizar ajustes para obter melhores resultados.

Vale destacar que muitos dos documentos que aparecem nos resultados são repetidos entre as várias buscas com termos distintos e também nas diferentes bases de dados, mas alguns documentos aparecem apenas em determinadas buscas. Também é importante ter em mente que cada base de conhecimento possui certa limitação: apenas os periódicos e artigos indexados na mesma irão aparecer nos resultados. Por isso a escolha da base de conhecimento também é importante.

Além disso, dependendo da estratégia adotada, os resultados apresentados podem ser mais ou menos relevantes ao tema pesquisado. Uma estratégia de busca equivocada apresentará nos resultados artigos que podem não ter nenhuma relação com o objeto da pesquisa.

Por exemplo, na busca mais ampla, ou seja, nos campos *Topic* ou *Title-Abstract-Keywords*, pelo termo *ethanol biosensor*, sem aspas, apresenta nos resultados diversos artigos que falam sobre um biossensor para etanol, porém muitos outros que não falam sobre isso. Os documentos aparecem listados nos resultados simplesmente porque possuem ambas as palavras em qualquer um dos campos pesquisados, sem a necessidade de estarem próximas.

Por outro lado, uma busca apenas no campo Título por *“ethanol biosensor”* pode restringir demais os resultados obtidos, não apresentando todo o universo de artigos publicados, pois o autor pode não ter colocado as palavras juntas desta forma (por exemplo, um artigo com o título *“biosensor for ethanol detection”* não seria encontrado).

Um critério utilizado para análise da relevância dos documentos encontrados foi o número de citações que, por exemplo, um artigo possui, considerando-se que os documentos mais citados seriam mais relevantes para a pesquisa da tecnologia. Além disso, algumas bases de conhecimento podem levar 1-2 anos para serem capazes de exibir o número de citações de cada documento

indexado. Desta forma, artigos publicados em 2012 e 2011 ainda não estariam representados adequadamente na ordenação por mais citados. Desta forma, também foram escolhidos documentos recentes, e por isso, podem ainda não terem recebido muitas citações.

Os documentos foram selecionados a partir de escolha de três estratégias de busca (*title=ethanol biosensor; title=ethanol biosensor OR alcohol biosensor; topic/title-abstract-keywords="ethanol biosensor"*), dentre as várias realizadas, e em seguida os resultados foram ordenados por mais citados e também mais recentes, e os trinta primeiros resultados foram selecionados para posterior leitura e análise.

Esses documentos, principalmente artigos em periódicos (*Articles e Articles in Press*) e também *reviews*, foram selecionados de acordo com a relevância com o tema estudado, de acordo com o resumo de cada um, e depois de escolhidos foram lidos para utilização na elaboração dos outros itens deste trabalho.

Entretanto, também é importante destacar que muitas vezes *reviews*, *conference papers*, entre outros, muitas vezes são indexados como artigos. Por isso, todos os tipos de documentos indexados e apresentados nos resultados foram considerados.

Uma das estratégias de buscas foi selecionada (*title=ethanol biosensor OR alcohol biosensor*), e foi feita uma análise detalhada dos resultados, tanto de artigos quanto de patentes. Esses resultados estão detalhados no Capítulo 4 – Resultados e Conclusões.

3.4. Gerenciamento de referências e documentos

Dessa forma, considerando a enorme quantidade de artigos disponíveis em várias bases de conhecimento, além das inúmeras possibilidades de estratégias de busca para um mesmo tema, com diferentes buscas podendo apresentar alguns resultados em comum, é fundamental uma boa gestão das referências encontradas. Isso é possível atualmente de maneira bem fácil e simples utilizando *softwares* específicos para tal fim.

O site da Thomson-Reuters disponibiliza gratuitamente uma ferramenta chamada EndNote Web, através do acesso pelo Portal Capes – desde que o usuário esteja no campus da UFRJ ou faça o cadastro prévio com um endereço de e-mail institucional (final ufrj.br). Também existe uma versão paga dessa ferramenta, o EndNote, que funciona independentemente do uso de navegadores Web, permitindo o uso offline. Ambas as opções do EndNote disponibilizam uma ferramenta para citar uma determinada referência dentro do processador de textos usado (Microsoft Word), de acordo com o padrão desejado – no caso dessa monografia, dentro das normas ABNT. Além disso, é possível elaborar diretamente a relação das referências bibliográficas usadas no trabalho. É necessária a instalação de um complemento para usar essas funções dentro do Word.

Outra opção de software é o Mendeley (MENDELEY, 2012). Essa foi a opção utilizada, pois ele apresenta quase as mesmas funções do EndNote pago e, além de ser gratuito, apresenta algumas vantagens. Por exemplo, ele é capaz de importar boa parte dos artigos encontrados em PDF recentes, sem a necessidade de digitar os dados do mesmo, como título, autor(es), periódico, ano, entre outros – permite a importação direta de arquivos PDF. É possível organizar os resultados em pastas, fazer notas e anotações, e também marcar partes do texto dos artigos, e colaborar online todas essas informações com outras pessoas. O Mendeley também é capaz de mesclar referências iguais e eliminar boa parte dos documentos duplicados. Além disso, ele disponibiliza uma rede social de pesquisadores, que podem criar grupos, abertos ou fechados, nos quais é possível compartilhar referências e informações acadêmicas e de pesquisa sobre determinado(s) assunto(s). Da mesma forma que no EndNote, é possível citar artigos enquanto escreve-se no Word, e também é possível fazer a listagem de referências bibliográficas utilizadas no texto (é necessária a instalação de um complemento e a ativação de macros).

Todas as referências e artigos encontrados foram importados no Mendeley e organizados em pastas, de modo a registrar os resultados obtidos em cada estratégia de busca adotada. Desta forma, foi possível realizar buscas avançadas e detalhadas de acordo com a necessidade (autor, título, ano ou qualquer palavra em qualquer parte dos documentos registrados). Na Figura 22 é possível visualizar a tela inicial do Mendeley.

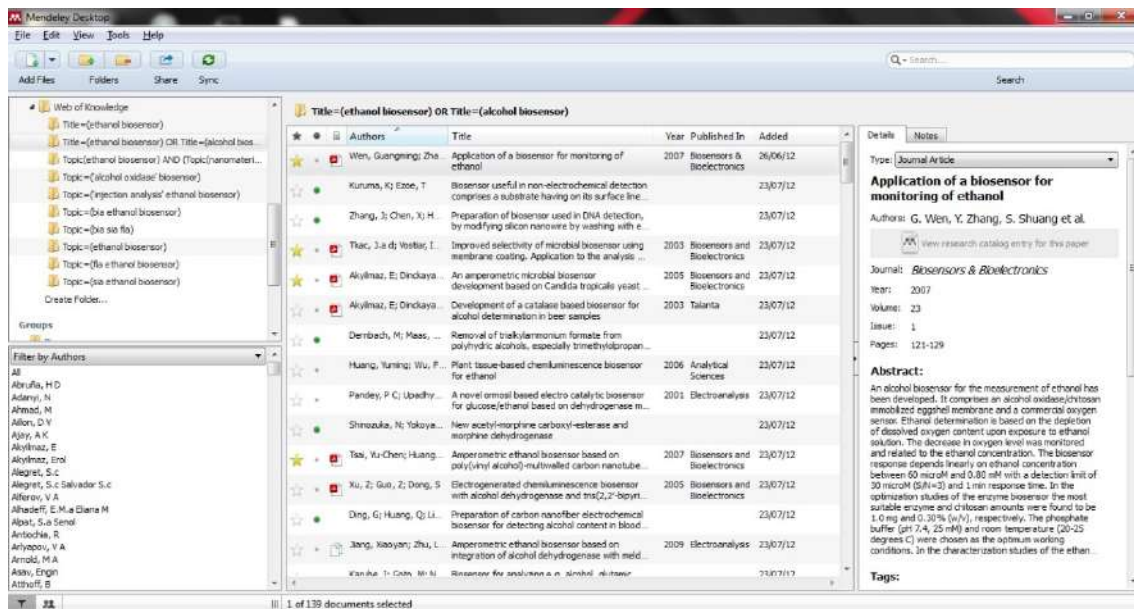


Figura 22. Tela do software Mendeley

Capítulo 4 – Resultados e Conclusões

4.1. Resultados

Diversas buscas foram executadas durante a realização desse trabalho. Na Tabela 2 estão listadas aquelas que foram consideradas mais relevantes para o tema pesquisado, sendo que o termo utilizado em cada busca aparece entre parênteses. Foram feitas buscas por documentos em duas bases de conhecimento, a Web of Knowledge e a Scopus.

É importante frisar que as buscas foram feitas nas diferentes bases de conhecimento de forma semelhante, porém nem sempre idêntica. A Scopus permite uma busca nos campos *TITLE-ABS-KEY* (*título-resumo-palavras chave*), enquanto a Web of Knowledge permite uma busca no *Topic*, o que nada mais é do que uma busca apenas nos campos *Title* e *Abstract* (*Título* e *Resumo*). Já as buscas no campo título podem ser consideradas equivalentes. A estratégia de busca escolhida está destacada em negrito. Também é importante destacar que o número de documentos obtido na Web of Knowledge **inclui** também as patentes, enquanto na Scopus isso não ocorre.

Quando uma pesquisa simples é feita como, por exemplo, pelo termo (*biosensor*), percebe-se que uma enorme quantidade de documentados são encontrados. Além disso, observa-se ainda na Tabela 2 que as buscas realizadas apenas no campo *Título* apresentam, obviamente, menos resultados que buscas com o mesmo termo em mais campos. O mesmo acontece quando a busca utiliza-se de uma expressão entre aspas, quando comparada com a mesma expressão sem aspas.

Realizou-se as buscas listadas de modo a levantar o máximo de artigos científicos relevantes, com intuito de obter fonte de material para a revisão da literatura (Capítulo 2). As análises e estatísticas sobre os documentos encontrados foram realizadas utilizando apenas a estratégia de busca escolhida (em negrito) pesquisada na Scopus – pois esta base possui ferramentas de análise e exportação de dados – e serão detalhados mais adiante ainda nesse capítulo.

A importância da escolha adequada dos termos pode ser observada nas duas últimas pesquisas listadas, sobre o tema de biossensores para etanol e nanotecnologia. Uma busca simples apenas pelas palavras em inglês não retornou muitos resultados, porém ao se combinar outras palavras relacionadas ao tema obtiveram-se mais resultados.

Tabela 2 – Total de documentos encontrados nas buscas nas bases Scopus e Web of Knowledge, por termo de busca utilizado e campos pesquisados.

Campo/Termo de busca		Scopus ¹	Web of Knowledge ²
TITLE-ABS-KEY ¹	TOPIC ²		
(biosensor)	(biosensor)	32833	34966
	TITLE ³ =(biosensor)	9501	12656
(ethanol biosensor)	(ethanol biosensor)	505	608
(ethanol biosensor) OR (alcohol biosensor)	(ethanol biosensor) OR (alcohol biosensor)	1113	1188
("ethanol biosensor")	("ethanol biosensor")	43	45
	TITLE ³ =(ethanol biosensor)	57	65
TITLE³=(ethanol biosensor) OR (alcohol biosensor)		112	137
("alcohol oxidase" biosensor)	("alcohol oxidase" biosensor)	122	125
("alcohol dehydrogenase" biosensor)	("alcohol dehydrogenase" biosensor)	183	204
(biosensor nanotechnology)	(biosensor nanotechnology)	1523	252
(ethanol biosensor nanotechnology)	(ethanol biosensor nanotechnology)	14	0
(ethanol biosensor) AND ((nanomaterial) OR ("nano material") OR (nanocomposite) OR ("nano composite"))	(ethanol biosensor) AND ((nanomaterial) OR ("nano material") OR (nanocomposite) OR ("nano composite"))	23	26

¹ Busca realizada na Scopus nos campos *TITLE-ABS-KEY*, no período de 1960-2013; ² Busca realizada na Web of Knowledge no campo *TOPIC*, no período de 1963-2012; ³ Busca realizada nas duas bases no campo *TITLE*.

Fonte: Elaboração própria a partir de resultados obtidos e exportados das respectivas bases de conhecimento. Atualizado até 09/10/2012.

Além da pesquisa por documentos técnico-científico, principalmente na forma de artigos publicados, também realizou-se buscas em bases de conhecimento de patentes. Essa pesquisa por patentes está listada na Tabela 3.

Da mesma forma que na tabela anterior, deve-se frisar que as buscas foram feitas de forma semelhante, porém há algumas diferenças nos campos pesquisados em cada base de dados. A Scopus exibe os resultados de patentes na mesma página de resultados da pesquisa feita anteriormente por documentos, e permite uma busca nos campos *TITLE-ABS-KEY* (*título-resumo-palavras chave*), enquanto a

Derwent, da mesma forma que a Web of Knowledge, permite uma busca no campo *Topic*, sendo este equivalente à busca na Espacenet nos campos *Title or abstract*. Já as buscas no campo título também podem ser consideradas equivalentes. A estratégia de busca escolhida está destacada em negrito, sendo que escolheu-se a pesquisa realizada na Derwent pois esta apresentou mais resultados.

Tabela 3 – Resultados obtidos nas buscas de patentes, por termo de busca utilizado e base de dados.

Campo/Termo de busca			Scopus ¹	Derwent ²	Espacenet ³
TITLE-ABS-KEY ¹	TOPIC ²	Title or abstract ³			
(biosensor)	(biosensor)	(biosensor)	6578	6628	8182
	TITLE ⁴ =(biosensor)		3493	3273	5660
(ethanol biosensor)	(ethanol biosensor)	(ethanol biosensor)	27	226	18
(ethanol biosensor)	(ethanol biosensor)	(ethanol biosensor)	87	588	76
OR (alcohol biosensor)	OR (alcohol biosensor)	OR (alcohol biosensor)			
("ethanol biosensor")	("ethanol biosensor")	("ethanol biosensor")	1	2	2
	TITLE ⁴ =(ethanol biosensor)		2	10	1
TITLE⁴=(ethanol biosensor) OR (alcohol biosensor)			6	28	5
("alcohol oxidase biosensor")	("alcohol oxidase biosensor")	("alcohol oxidase biosensor")	7	42	7
("alcohol dehydrogenase biosensor")	("alcohol dehydrogenase biosensor")	("alcohol dehydrogenase biosensor")	10	46	9
(biosensor nanotechnology)	(biosensor nanotechnology)	(biosensor nanotechnology)	0	13	1
(ethanol biosensor nanotechnology)	(ethanol biosensor nanotechnology)	(ethanol biosensor nanotechnology)	0	0	0
(ethanol biosensor)	(ethanol biosensor)	(ethanol biosensor)	0	11	0
AND	AND	AND			
((nanomaterial) OR ("nano material") OR (nanocomposite) OR ("nano composite"))	((nanomaterial) OR ("nano material") OR (nanocomposite) OR ("nano composite"))	((nanomaterial) OR ("nano material") OR (nanocomposite) OR ("nano composite"))			

¹ Busca realizada na Scopus nos campos *TITLE-ABS-KEY*, no período de 1960-2013; ² Busca realizada na Web of Knowledge no campo *TOPIC*, no período de 1963-2012; ³ Busca realizada na Espacenet no campo *Title or abstract*, no período de 1836-2012. ⁴ Busca realizada nas três bases no campo *TITLE*.

Fonte: Elaboração própria a partir de resultados obtidos e exportados das respectivas bases de conhecimento. Resultados atualizados até 09/10/2012.

A partir dos dados obtidos na base de dados Elsevier Scopus, foi possível realizar diversas análises dos documentos encontrados em cada busca. Na Figura 22 apresenta-se a primeira análise realizada, que foi a evolução temporal dos documentos publicados contendo a palavra *biosensor* (biossensor) no título, ou seja, uma busca bem ampla e que retorna qualquer material publicado que contenha essa palavra no título, de forma bem geral e sem outras restrições na busca. Observa-se claramente um grande aumento no número de documentos que em 1980 aproxima-se de zero, chegando a mais de mil documentos por ano em 2011 (último ano completo na ocasião da pesquisa). Essa busca foi realizada em 09 de outubro de 2012, e até esta data foram encontrados 797 documentos publicados em 2012, que mantendo a média diária chegaria a cerca 1031 documentos em todo o ano, um pouco acima do valor de 2011 (1019). Além disso, já nessa data havia 11 artigos aprovados para publicação em 2013 (*Article in press*). Esse resultado deixa claro que os biossensores estão sendo cada vez mais pesquisados nas mais diversas áreas, e essa tendência de crescimento deve continuar nos próximos anos, demonstrando a importância do tema.

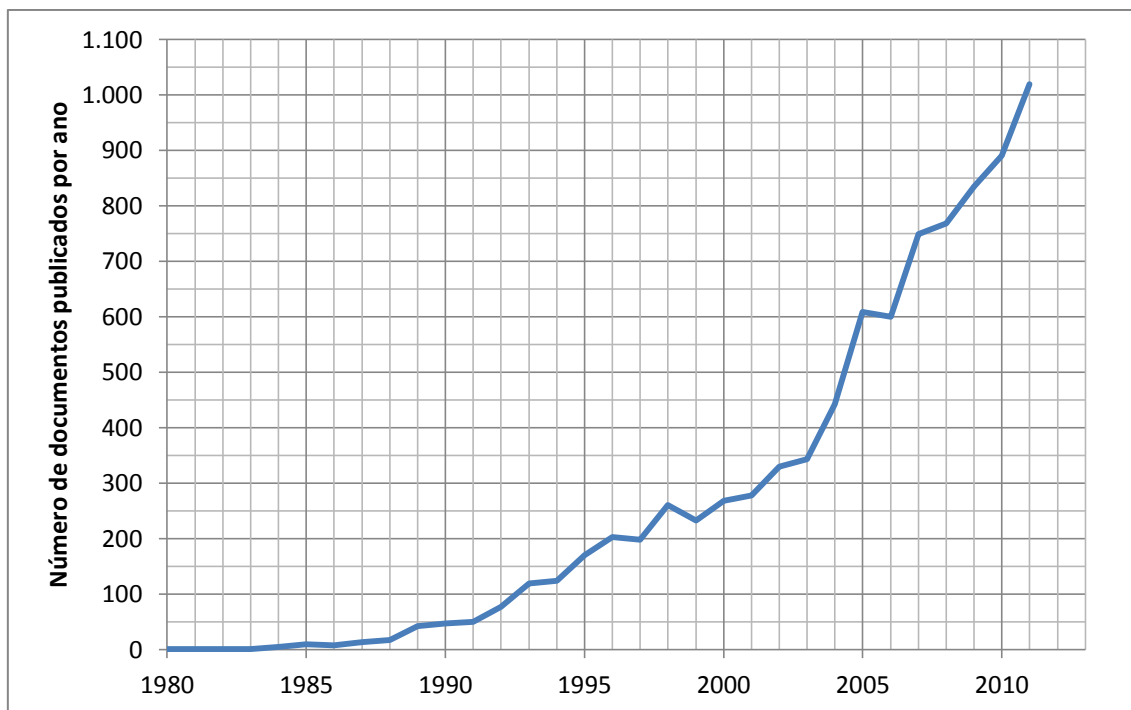


Figura 23. Evolução do número de publicações a cada ano, com busca pelo termo *biosensor* apenas no campo *Título* no período 1980-2011, de acordo com a base SCOPUS.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012.

Outra análise realizada nessa mesma busca (*TITLE=biosensor*) foi um levantamento dos países que mais possuem publicações, e pode ser vista na Figura 23. Esse levantamento se deu em todo o intervalo de tempo disponível na base Scopus (1960-2013), incluindo todos os resultados encontrados até 09/10/2012, inclusive os artigos aprovados para publicação em 2013. Observa-se claramente a predominância de artigos publicados pela China, com cerca de 21% do total, e pelos EUA com aproximadamente 19%. Em terceiro lugar aparece o Japão com quase 6%. O Brasil aparece bem atrás, apenas na 17^a posição, com 1,6% dos documentos publicados.

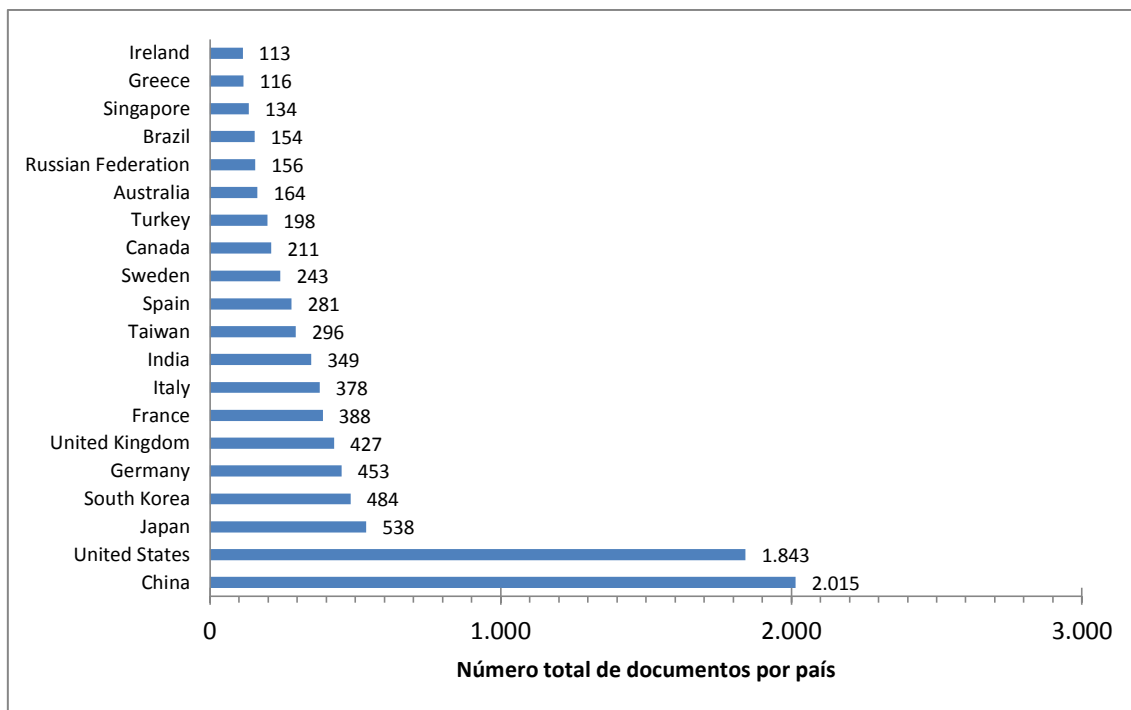


Figura 24. Número de documentos dos vinte países com mais publicações, com busca pelo termo *biosensor* apenas no campo Título, de acordo com a base SCOPUS.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012.

Além da análise mais ampla realizada em artigos sobre biossensores em geral, também foi feito um levantamento dos documentos publicados sobre biossensores para detecção de etanol. Pesquisou-se no campo *Título* pelo termo *ethanol biosensor* (sem aspas). Essa estratégia é por um lado limitada, pois apenas documentos contendo esse termo no título serão encontrados. Além disso, como não utilizou-se aspas (o que limitaria ainda mais a busca), as palavras podem estar em qualquer posição, desde que apareçam no título. Por outro lado, essa é uma busca direcionada e restrita, que deve apresentar poucos resultados fora do escopo do assunto pesquisado. Os resultados encontrados podem ser vistos na Tabela 4. Observa-se que há uma oscilação no número de documentos publicados em cada ano, sem uma tendência mais visível. Entretanto, o último ano que teve apenas um trabalho publicado foi 2004, quando até então era comum um trabalho publicado por ano. Além disso, os dois anos com mais trabalhos publicados ocorreram após 2004, e foram os anos de 2006 (8) e 2009 (6). Dessa forma, pode-se inferir que a pesquisa por biossensores para etanol ainda está incipiente, porém com boa perspectiva de crescimento.

Tabela 4 – Número de documentos publicados por ano, com busca no campo título por *ethanol biosensor*.

Ano	Número de documentos	Ano	Número de documentos
1988	2	2003	3
1990	1	2004	1
1992	1	2005	3
1993	1	2006	8
1994	5	2007	5
1995	1	2008	4
1997	1	2009	6
1999	1	2010	2
2000	1	2011	2
2001	4	2012*	3
2002	2	Total	57

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos na Scopus. *Dados atualizados até 09/10/2012

Na mesma busca por *ethanol biosensor* no campo *Título*, também analisou a distribuição de documentos publicados por país, apresentado na Figura 24. Novamente encontrou-se uma predominância dos chineses, com quase 16% do total. Em segundo lugar aparece a Suécia com 8,8%, e em terceiro lugar aparece o Brasil empatado com Índia, Eslováquia, Taiwan e Estados Unidos, todos com 7%. Isso pode indicar uma participação brasileira mais ativa na pesquisa por biossensores para etanol.

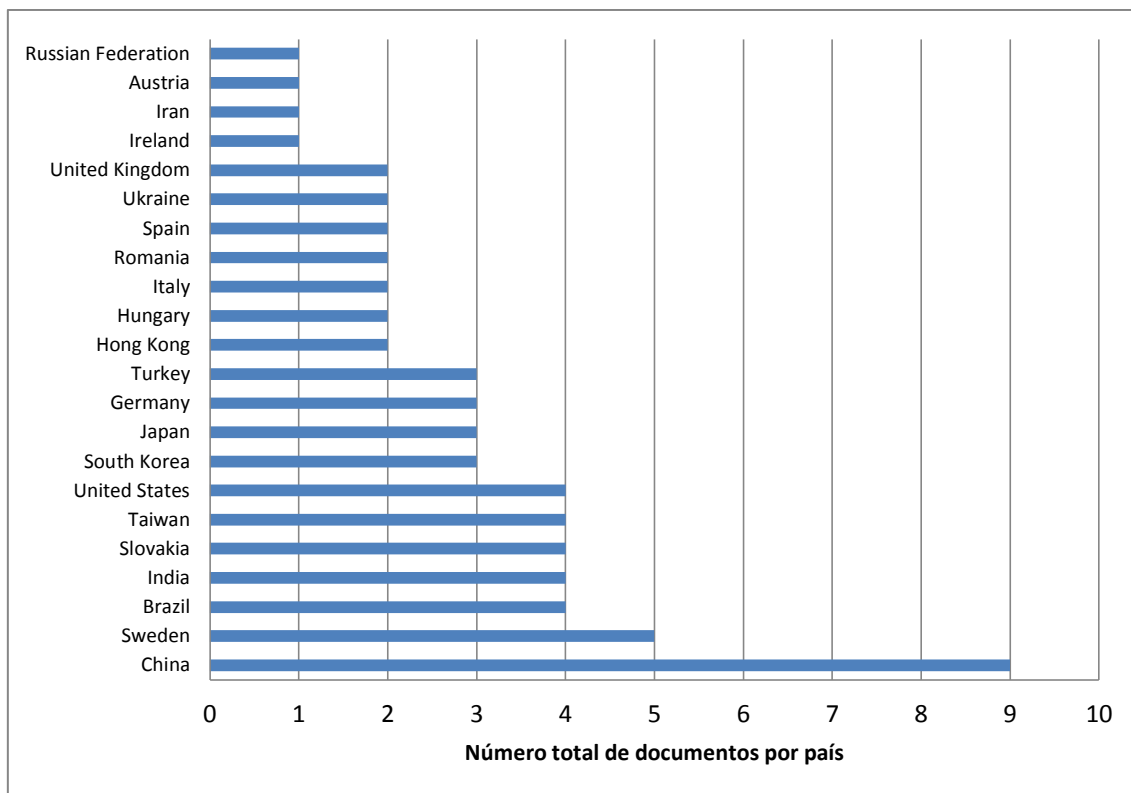


Figura 25. Número de documentos publicados por país, com busca no campo título por *ethanol biosensor*.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012

Na Tabela 5 apresenta-se o número de documentos publicados por ano de uma busca no campo *título* por *ethanol biosensor* OR *alcohol biosensor*. Os resultados encontrados com o uso dessa estratégia incluem todos os encontrados na busca anterior (apenas *ethanol biosensor* no *título*), mais os documentos que possuem o termo *alcohol biosensor*, aumentando assim o número de resultados. Essa estratégia mantém o caráter direcionado e restrito da pesquisa, com a possibilidade de incluir mais documentos relevantes. Há também a possibilidade de incluir mais artigos fora do assunto pesquisado, porém essa avaliação foi feita e isso não ocorreu, sendo que os resultados serão discutidos mais adiante. Dessa forma, essa foi a estratégia escolhida para uma análise mais detalhada, que será denominada pesquisa exaustiva. Além dos 111 artigos exibidos na tabela, a busca já encontrou um artigo para ser publicado em 2013, totalizando 112 documentos. Observa-se que há uma grande variação de ano para ano, porém desde 2006, o ano com mais documentos publicados (13), não há menos de 7 artigos publicados em cada ano.

Tabela 5 – Número de documentos publicados por ano, com busca no campo título por *ethanol biosensor OR alcohol biosensor*.

Ano	Número de documentos	Ano	Número de documentos
1988	2	2002	2
1990	1	2003	6
1992	1	2004	3
1993	1	2005	4
1994	5	2006	13
1995	1	2007	10
1996	3	2008	8
1997	2	2009	8
1998	4	2010	7
1999	3	2011	8
2000	2	2012*	8
2001	6	Total	111

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos na Scopus. * Dados atualizados até 09/10/2012

Novamente realizou-se a análise geográfica da estratégia de busca adotada, o que pode ser visto na Figura 25. Mais uma vez a China aparece com mais documentos publicados, com pouco mais de 24% do total. Dessa vez os EUA aparecem em segundo lugar, com 4,5% do total. E o Brasil aparece somente em 10º lugar, com 4% dos artigos publicados. Apesar de uma posição inferior que na pesquisa anterior, ainda encontra-se em posição melhor do que na pesquisa apenas por *biosensor*.

Observa-se assim como é importante escolher uma estratégia de busca bem *afinada* com o objetivo do trabalho realizado, pois é possível encontrar resultados distintos em buscas bem semelhantes. Porém, é importante frisar que isso não significa necessariamente que uma estratégia esteja certa e a outra errada – são apenas diferentes formas de observar os dados disponíveis. A forma como os documentos são indexados dependem muito de escolhas feitas pelos autores de cada artigo, sendo que muitas vezes palavras-chave não são totalmente listadas, e nem sempre o título indica de forma objetiva o conteúdo do texto. Dessa forma, deve-se escolher uma estratégia de busca consciente de suas limitações e do tipo de resultado que pode ser obtido.

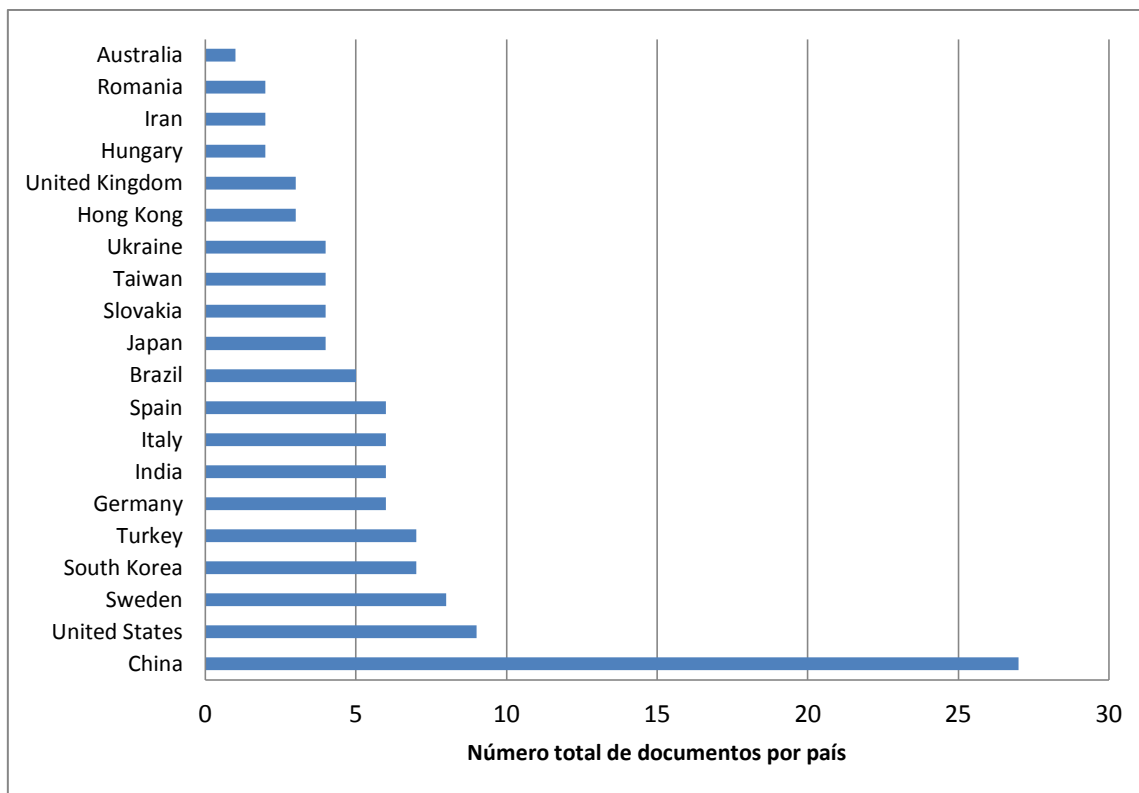


Figura 26. Número de documentos publicados por país, com busca no campo título por *ethanol biosensor OR alcohol biosensor*.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012

De modo a comparar as várias possibilidades de buscas, realizou-se uma nova busca pelo termo *ethanol biosensor*, porém dessa vez em mais campos, no *título-resumo-palavras chave (TITLE-ABS-KEY)*. A evolução do número de publicações a cada ano está na Figura 26. No ano de 2012, até 09 de outubro, foram publicados 35 documentos, quase o mesmo número do ano 2011 inteiro (36).

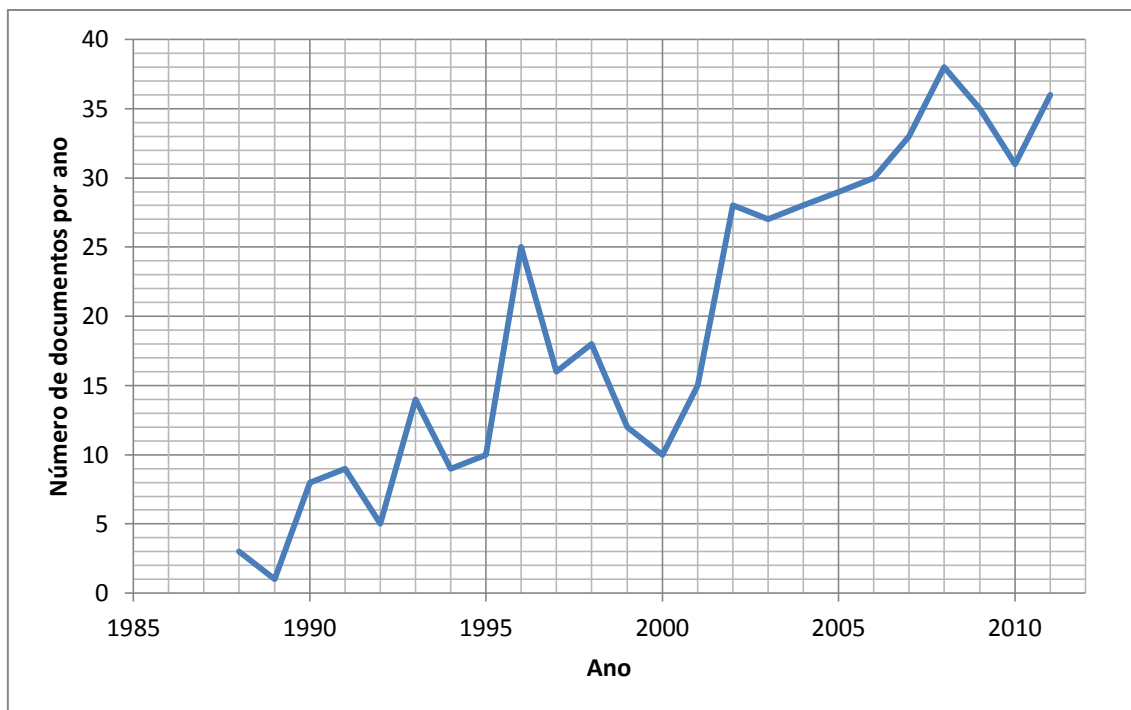


Figura 27. Número de documentos publicados por ano, com busca no campo *título-resumo-palavra chave (TITLE-ABS-KEY)* por *ethanol biosensor* no período 1988-2011.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012

Como feito anteriormente nas outras buscas, realizou-se a análise geográfica da estratégia em questão, o que pode ser visto na Figura 27. Dessa vez os EUA aparecem em primeiro lugar, com pouco mais de 14% do total. Nessa pesquisa, a China aparece em segundo lugar, com pouco quase 13% do total. E o Brasil aparece somente em 15º lugar.

Observa-se que nessa busca obtêm-se mais resultados do que na busca mais direcionada, ou seja, apenas no campo *título*. Entretanto, não pode-se simplesmente concluir que a obtenção de mais resultados significa que a estratégia de busca foi mais bem sucedida. Uma rápida análise dos artigos encontrados com essa estratégia deixa clara sua desvantagem: diversos artigos simplesmente não têm absolutamente nada a ver com o tema. Em outras palavras, basta que um dos termos usados (*ethanol* ou *biosensor*) esteja presente em qualquer um dos campos – desde que ambos apareçam em algum – para que o documento seja apresentado nos resultados da pesquisa. Por exemplo, artigos sobre biossensor para xilitol, assim como sobre biossensores para vários outros compostos, foram listados simplesmente porque tinham a palavra *biosensor* no título e a palavra *ethanol* no

resumo ou nas palavras-chave – entre uma das inúmeras possibilidades para que um artigo apareça nessa busca (muitas vezes utiliza-se etanol em alguma etapa da preparação de biossensores). Apesar dessa busca retornar vários resultados fora do tema definido, ela também deve encontrar alguns resultados relevantes que não seriam encontrados de outra forma. Assim, pode-se considerar que o resultado encontrado tem importância numa análise comparativa da evolução de documentos publicados, desde que haja ciência de suas limitações. Em outras palavras, são diferentes estratégias de busca, cada qual com suas vantagens e desvantagens.

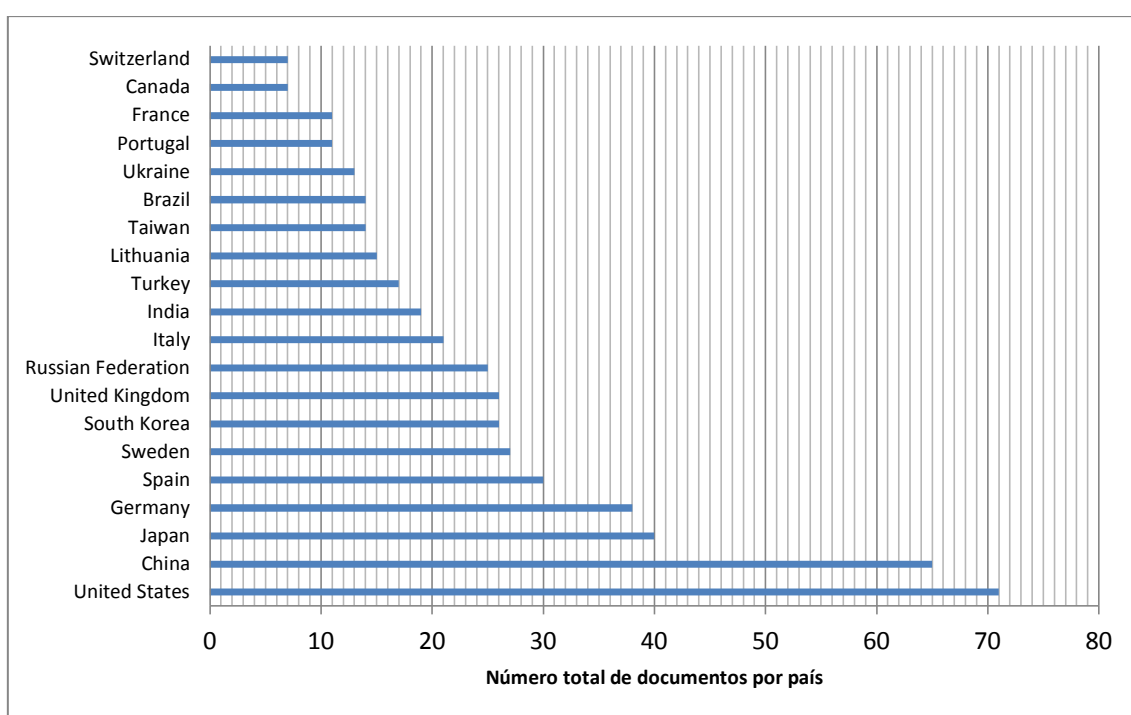


Figura 28. Número de documentos publicados por país, com busca no campo *título-resumo-palavra chave (TITLE-ABS-KEY)* por *ethanol biosensor*.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012

Considerando que uma grande tendência no campo de biossensores é sua miniaturização, ou seja, o desenvolvimento de bioinstrumentos de medida dentro da nanotecnologia, analisou-se também a evolução de documentos publicados a cada ano contendo os termos *biosensor nanotechnology* nos campos *TITLE-ABS-KEY*, o que pode ser visto na Figura 28. Observa-se que até 2001 a publicação de artigos sobre o tema era muito incipiente, com menos de 10 artigos por ano. A partir de 2002 pode-se dizer que houve uma *explosão* de artigos publicados,

chegando a quase 200 publicados apenas em 2011. Até a data da pesquisa (09/10/2012), havia 128 documentos para 2012 e 1 para 2013. Demonstra-se dessa forma o grande destaque que o tema tem obtido na pesquisa e desenvolvimento de biossensores em geral, sendo ainda que considera-se possível que essas novas técnicas e processos pesquisados para biossensores também terão alguma aplicação para o desenvolvimento de biossensores para detecção de etanol.

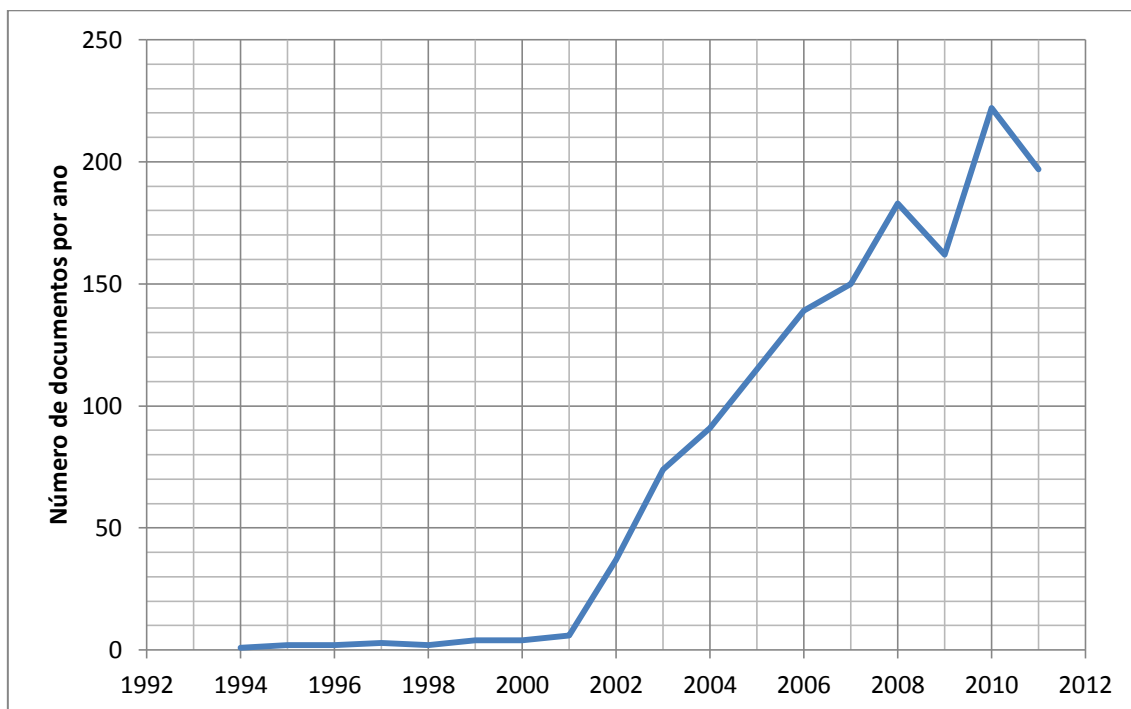


Figura 29. Número de documentos publicados por ano, com busca no campo *título-resumo-palavra chave (TITLE-ABS-KEY)* por *biosensor nanotechnology* no período 1994-2011.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012

Outro levantamento realizado para essa mesma busca foi o número de documentos publicados por país. Na Figura 29 é apresentada essa relação, com destaque para os EUA em primeiro lugar, com pouco mais de 34% do total. Em segundo lugar, mais uma vez, aparece a China, com quase 17%. Os países seguintes apresentam um número bem inferior de publicações, sendo que o Brasil encontra-se bem atrás, na 25ª posição (0,8%).

Como já demonstrado, a pesquisa com o uso de nanotecnologia em biossensores é bem recente, algo de uma década para cá. Trata-se de uma pesquisa de ponta, que com frequência produz notícias sobre novas descobertas em jornais com certa frequência. Avalia-se que o Brasil encontra-se bem atrasado

no desenvolvimento desse tipo de pesquisa, e sendo que o tema possui cada vez mais importância, o país deve dedicar mais atenção e investimento em pesquisa se quiser ter presença nessa área de enorme potencial científico e econômico.

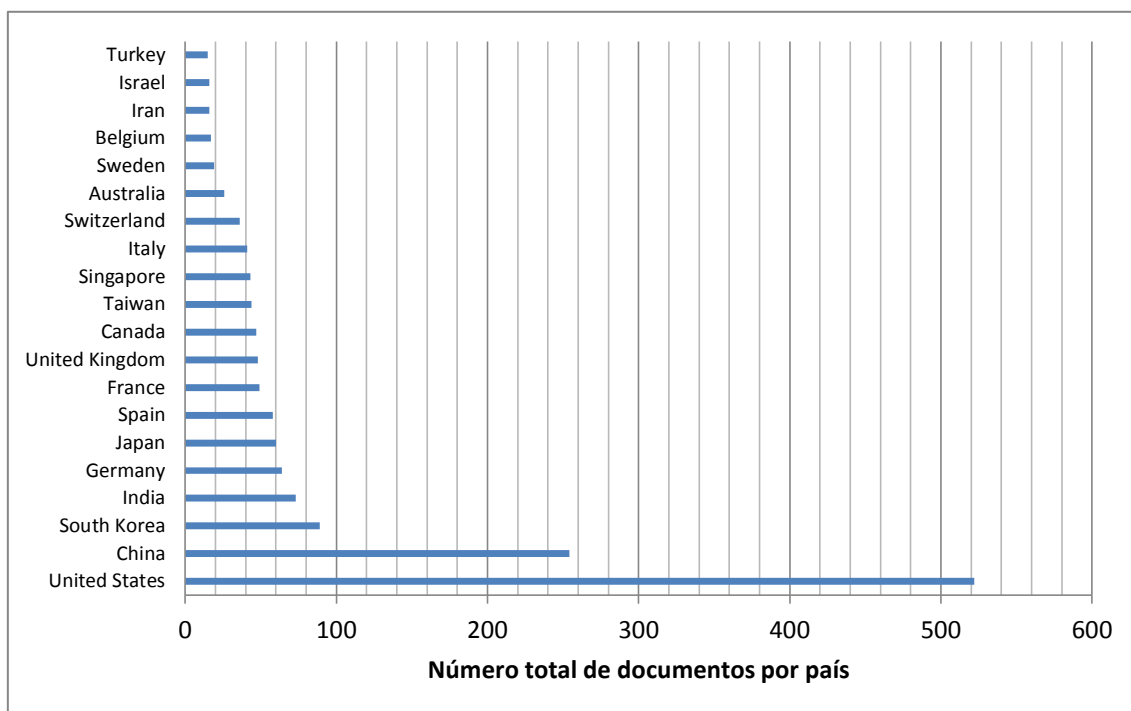


Figura 30. Número de documentos publicados por país, com busca no campo *título-resumo-palavra chave (TITLE-ABS-KEY)* por *biosensor nanotechnology*.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012

Como já dito anteriormente, a estratégia de busca escolhida [*TITLE=(ethanol biosensor) OR (alcohol biosensor)*] retornou um resultado de 112 documentos. Analisando cada documento encontrado, ou seja, realizando uma pesquisa exaustiva, com leitura do texto completo, quando disponível, e do resumo, quando não obteve-se ao artigo, chegou-se a conclusão que destes 112, cerca de 80%, ou seja, 89 artigos, estavam relacionados com o tema deste trabalho, ou seja, biosensores para etanol.

Na análise dos artigos obtidos com a estratégia escolhida, também foi feito um levantamento de acordo com o tipo do elemento de reconhecimento e o tipo de transdutor.

Em relação ao elemento de reconhecimento, dos 89 documentos relacionados com o tema, 73 tinham um elemento de reconhecimento enzimático,

10 microbianos, 1 tecido vegetal – no caso *Agaricus bisporus*, um tipo de cogumelo – e 5 não foi possível identificar o tipo de elemento de reconhecimento. Estes resultados estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 – Número de documentos por tipo de elemento de reconhecimento, obtidos na busca no campo título por *ethanol biosensor* OR *alcohol biosensor*.

Tipo de elemento de reconhecimento	
Enzimático	73
Microbiano	10
Tecido	1
não identificado	5
Total	89

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos na Scopus. * Dados atualizados até 09/10/2012

Na Figura 30, observa-se que o principal tipo de elemento de reconhecimento utilizado em biosensores para detecção de etanol é o enzimático (82%), seguido do microbiano, com 11%, sendo que, neste caso, provavelmente o princípio de detecção baseia-se na uso das vias metabólicas do micro-organismo, ou seja, também depende de enzimas atuando dentro de seu ambiente natural para fins de detecção biológica.

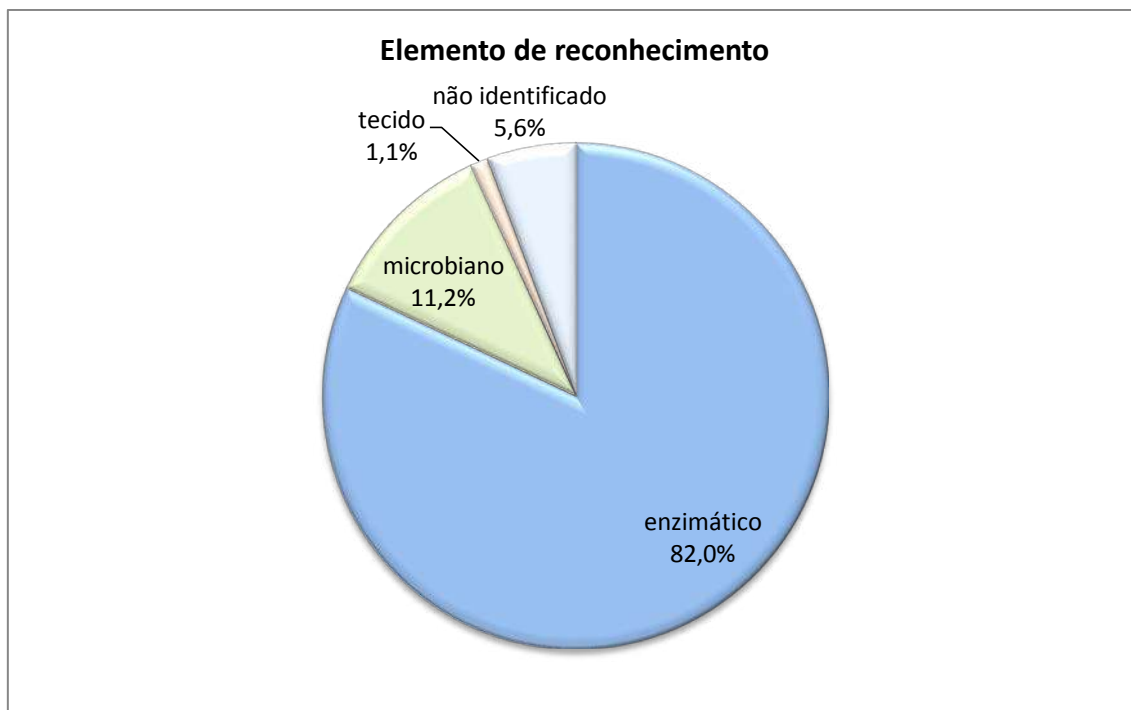


Figura 31. Resultados de documentos sobre biossensores para etanol obtidos na busca pelo campo título por *ethanol biosensor OR alcohol biosensor*, agrupados por elemento de reconhecimento.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012

Também se analisou cada subtipo de elemento de reconhecimento. A quantidade de documentos sobre biossensores enzimáticos para detecção de etanol por tipo de enzima encontra-se na Tabela 7. A maioria dos trabalhos de pesquisa, 43 de um total de 73, utilizou álcool desidrogenase (ADH) como bioelemento de reconhecimento. Em 23 dos documentos utilizou-se álcool oxidase (AOD). O restante utilizou uma combinação de AOD com outra enzima (peroxidase ou *horseradish peroxidase*, HRP), ou ainda a catalase.

Tabela 7 - Número de documentos por tipo de elemento de reconhecimento enzimático, obtidos na busca no campo título por *ethanol biosensor OR alcohol biosensor*.

Elemento de reconhecimento enzimático	
álcool desidrogenase (ADH)	43
álcool oxidase (AOD)	23
álcool oxidase (AOD) + horseradish peroxidase (HRP)	5
álcool oxidase (AOD) + peroxidase	1
catalase	1
Total	73

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos na Scopus. * Dados atualizados até 09/10/2012

Na Figura 31 apresenta-se a distribuição de trabalhos sobre cada enzima utilizada como elemento de reconhecimento. Mais da metade (quase 59%) dos artigos citaram o uso de álcool desidrogenase (ADH), enquanto 31,5% utilizou-se de álcool oxidase (AOD). Verificou-se em menor número o uso combinado de AOD e *horseradish peroxidase* (6,85%), AOD e peroxidase não especificada (1,37%), e também em 1,37% utilizou-se catalase.

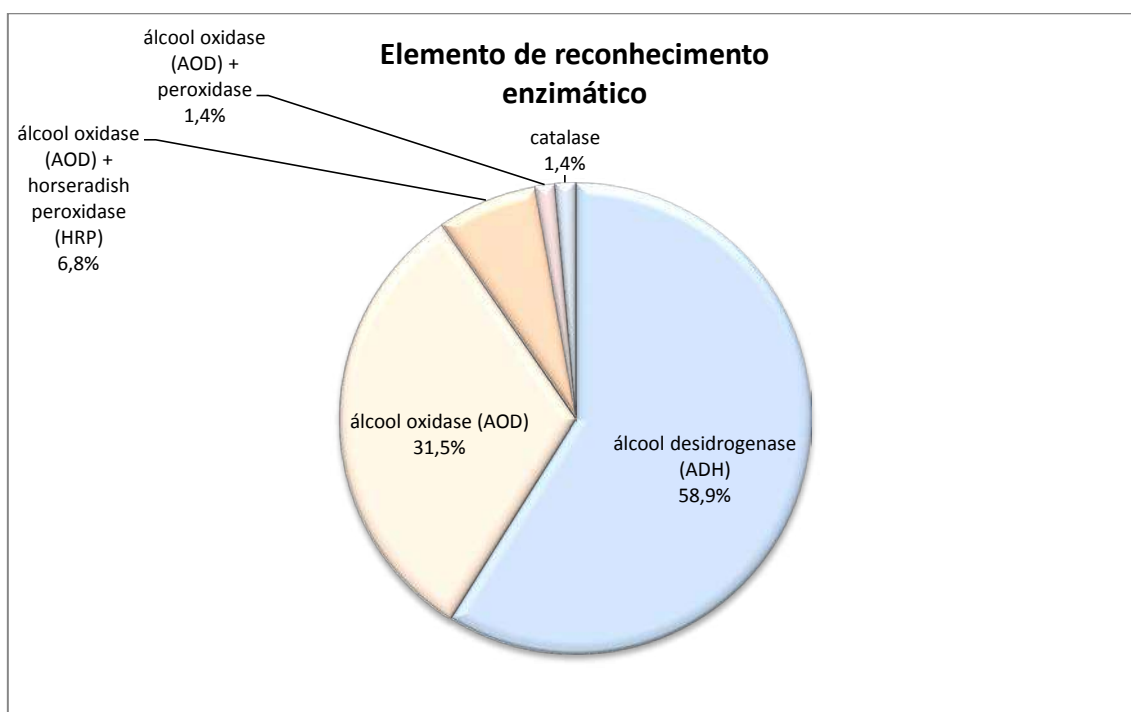


Figura 32. Resultados de documentos sobre biossensores enzimáticos para etanol obtidos na busca pelo campo título por *ethanol biosensor* OR *alcohol biosensor*, agrupados por enzima.
 Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012

Ainda em relação ao elemento de reconhecimento, 10 artigos apresentaram algum micro-organismo na estrutura do biossensor. A bactéria *Glucanobacter oxydans* aparece com um percentual de 40% do total na construção de bioeletrodos, seguido do uso de leveduras, com 30% das ocorrências. Esses resultados detalhados por tipo de micro-organismo encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 – Número de documentos por tipo de elemento de reconhecimento microbiano, obtidos na busca no campo título por *ethanol biosensor* OR *alcohol biosensor*.

Elemento de reconhecimento microbiano	
<i>Aspergillus niger</i>	1
<i>Candida tropicalis</i>	1
<i>Glucanobacter oxydans</i>	4
<i>Methylobacterium organophilium</i>	1
levedura	3
Total	10

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos na Scopus. * Dados atualizados até 09/10/2012

Já em relação ao mecanismo de transdução, os resultados estão descritos na Tabela 9, totalizando 89 referências. Destas, 66 apresentaram um transdutor eletroquímico, 11 fotométrico, 1 calorimétrico, e em 11 casos não foi possível identificar o tipo do elemento de transdução.

Tabela 9 – Número de documentos por tipo de elemento de transdução, obtidos na busca no campo título por *ethanol biosensor* OR *alcohol biosensor*.

Tipo de elemento de transdução	
Calorimétrico	1
Eletroquímico	66
Fotométrico	11
não identificado	11
Total etanol	89

Fonte: Elaboração própria a partir dos resultados obtidos na Scopus. *Dados atualizados até 09/10/2012

Na Figura 32, observa-se que a maior parte dos trabalhos de pesquisa, aproximadamente 74%, utilizou um transdutor eletroquímico, e em seguida o segundo mais utilizado, com 12,4%, foi algum transdutor fotométrico. Não foi possível identificar o elemento de transdução em aproximadamente 12% dos artigos. E em 1% das referências foi utilizado um elemento de transdução calorimétrico – nesse caso, um termistor enzimático (ET, ou *enzyme thermistor*).

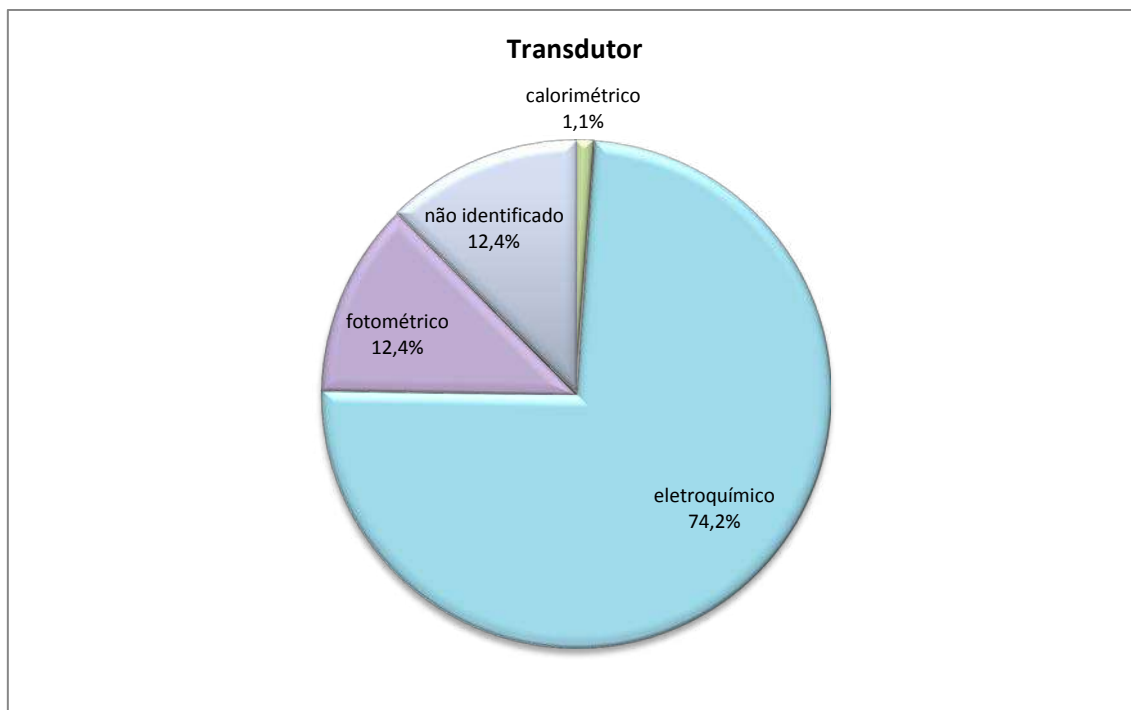


Figura 33. Resultados de documentos sobre biossensores para etanol obtidos na busca pelo campo título por *ethanol biosensor* OR *alcohol biosensor*, agrupados por tipo de transdutor.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012

Analisando todos os documentos que utilizaram transdutor eletroquímico, foi possível avaliar quantitativamente a frequência no uso de cada tipo desse transdutor. Os números de referências encontradas para cada tipo de transdutor eletroquímico podem ser visualizados na Tabela 10.

Tabela 10 - Número de documentos por tipo de elemento de transdução eletroquímico, obtidos na busca no campo título por *ethanol biosensor* OR *alcohol biosensor*.

Transdutor eletroquímico	
amperométrico	55
condutivimétrico	3
potenciométrico	5
não identificado	3
Total	66

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012

Na Figura 33 é possível observar que o transdutor eletroquímico mais comum foi o amperométrico, com 83,3%. Em seguida, em número bem inferior, apareceram os transdutores potenciométricos (7,6%), condutivimétricos (4,5%), e não identificados também com 4,5%.

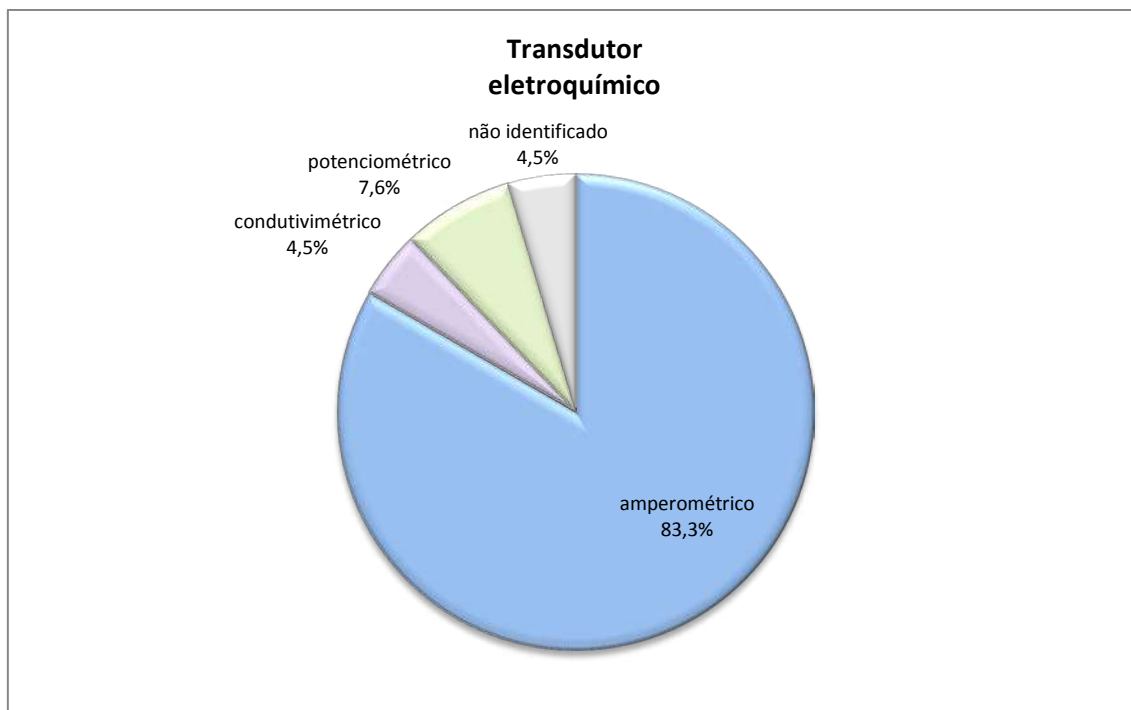


Figura 34. Resultados de documentos sobre biossensores eletroquímicos para etanol obtidos na busca pelo campo título por *ethanol biosensor OR alcohol biosensor*, agrupados por tipo.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012

Por fim, uma última análise feita na Scopus foi o detalhamento dos tipos de transdutores fotométricos. Nesse caso, considerou-se a quimioluminescência eletrogerada (*electrogenerated chemiluminescence*, ECL) como um tipo de transdução fotométrica. Os resultados estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Número de documentos por tipo de elemento de transdução fotométrica, obtidos na busca no campo título por *ethanol biosensor OR alcohol biosensor*.

Transdutor fotométrico		
ECL*	5	45,5%
fibra-ótica	4	36,4%
luminescente	1	9,1%
não identificado	1	9,1%
Total	11	100,0%

* ECL : Electrogenerated chemiluminescence

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Scopus. Dados atualizados até 09/10/2012

Todos os documentos encontrados na Scopus com a estratégia escolhida estão listados no Apêndice I.

Após a análise dos documentos publicados obtidos na base de dados Scopus, foi feito um levantamento das patentes depositadas encontradas na base Derwent Innovation Index.

Na estratégia de busca escolhida, foram encontradas um total de 28 patentes. Após leitura das informações disponíveis de cada patente, obteve-se um número de 20 patentes relacionadas com o tema desse trabalho.

Na Figura 34, as patentes estão agrupadas por país do primeiro depósito. Observa-se que o Japão detém o maior número de depósitos, com 35% do total. Em seguida, a China com 25% e a Rússia com 10%, aproximadamente. O Brasil aparece com cerca de 5%, empatado com Romênia, EUA, Espanha e Coreia do Sul (cada um com 1 patente).

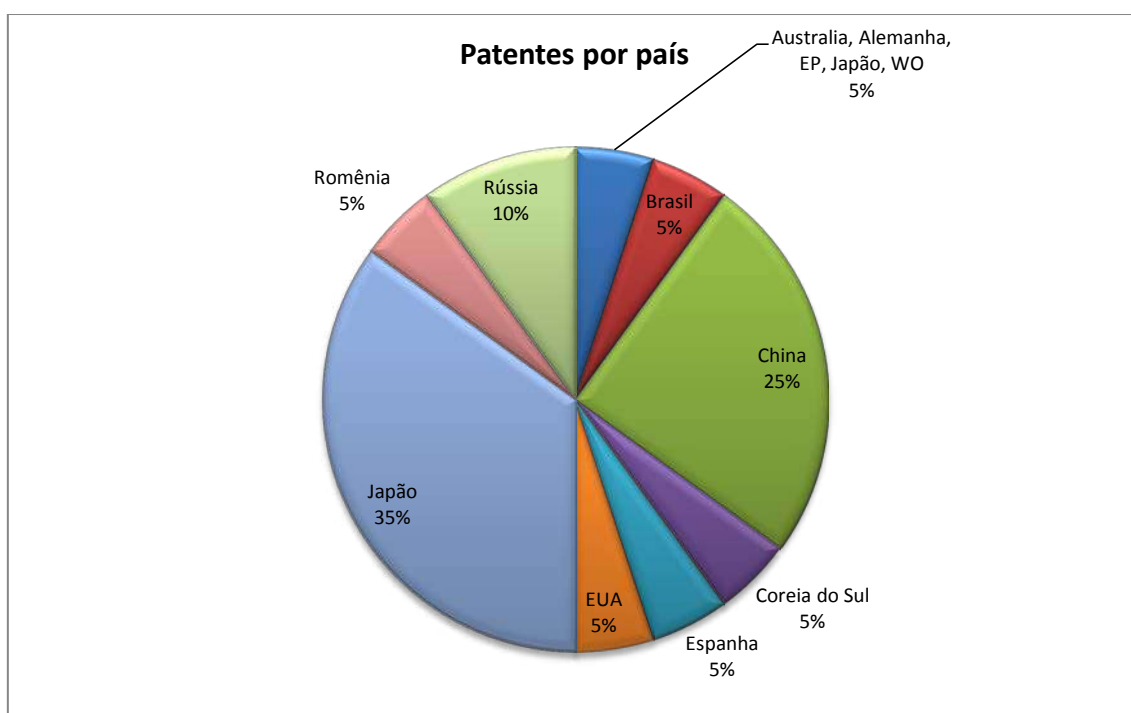


Figura 35. Resultados de patentes sobre biossensores para etanol obtidos por país na busca no campo título por *ethanol biosensor* OR *alcohol biosensor*.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Derwent Innovation Index. Dados atualizados até 09/10/2012

Também foi feito um levantamento do ano de primeiro depósito de cada patente, e os resultados foram listados na Tabela 12.

Tabela 12 – Número de patentes encontradas, obtidos na busca no campo título por *ethanol biosensor OR alcohol biosensor*.

Ano	Total	Ano	Total
1999	1	2006	2
2000	1	2007	2
2001	1	2008	3
2002	2	2009	2
2003	2	2010	2
2004	1	Total	20
2005	1		

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Derwent Innovation Index. Dados atualizados até 09/10/2012

Utilizando as ferramentas de análise disponíveis na base de dados Derwent, realizou-se um levantamento dos principais depositantes de patentes. Isso foi feito a partir do código de depositante (*Assignee Code*), listando o número de patentes que cada código de depositante possui, e em seguida foi feita uma busca e associação do nome do depositante para cada código encontrado. Os resultados foram agrupados na Tabela 13. É importante salientar que uma patente pode ter mais de um depositante, assim justifica-se que o total encontrado na Tabela 13 seja de 38 registros, um número superior que o total de patentes encontradas (28). Caso o levantamento tivesse sido feito pelo nome do depositante (*Assignee Name*), poderia ocorrer a obtenção de resultados duplicados, como já dito anteriormente – devido à possibilidade de sinônimos, o que não ocorre com o uso do código (*Assignee Code*). Além disso, esses resultados encontrados, por código do depositante, são relativos à todas as patentes encontradas (28).

Tabela 13 – Listagem do número de patentes por código do depositante (*Assignee Code*), obtidas na busca no campo título por *ethanol biosensor OR alcohol biosensor* na Derwent.

<i>Assignee Code</i>	Nome	Número de registros	% de 28
UTIJ-C	UNIV TIANJIN SCI & TECHNOLOGY	3	10,7%
NIIT-C	NAT INST ADVANCED IND SCI & TECHNOLOGY	2	7,1%
BIOC-S	BIOCHEMISTRY&PHYSIOLOGY MICROORGANISM(~BIOC-Soviet Institute)	1	3,6%
CHIH-N	CHIHO DOKURITSU GYOSEI HOJIN TOKYO TORITSU SANGYO GIJUTSU KE	1	3,6%
EMBI-N	EMBIOTECH CO LTD	1	3,6%
FARB-C	BAYER HEALTHCARE LLC	1	3,6%
FUJF-C	FUJI FILM CORP	1	3,6%
HASE-I	HASEGAWA M(~HASE-Individual)	1	3,6%
INTE-N	INTECSA-INARSA SA	1	3,6%
JSTA-C	JAPAN SCI&TECHNOLOGY AGENCY	1	3,6%
KONG-I	KONG G H(~KONG-Individual)	1	3,6%
MATK-C	MATSUSHITA SEIKO KK	1	3,6%
MATU-C	MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD	1	3,6%
MIYA-I	MIYAMOTO Y(~MIYA-Individual)	1	3,6%
NADE-N	INST NAT CERC-DEZVOLTARE STIINTE BIOLOGI	1	3,6%
PERR-I	PERRY J E(~PERR-Individual)	1	3,6%
RURA-C	RURAL DEV ADMINISTRATION	1	3,6%
SAIT-N	ZH SAITAMAKEN CHUSHO KIGYO SHINKO KOSHA	1	3,6%
SAPP-N	SAPPORO IMMUNO DIAGNOSTIC LAB	1	3,6%
SCHE-I	SCHELL R D(~SCHE-Individual)	1	3,6%
SMSU-C	SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD	1	3,6%
TIAN-N	TIANJIN PUBLIC SECURITY BUREAU	1	3,6%
TODA-N	UNIV TOYO	1	3,6%
UNIC-N	UNICAMP UNIV ESTADUAL CAMPINAS	1	3,6%
UTOK-C	UNIV TOKAI GH	1	3,6%
UYCQ-C	UNIV CHONGQING MEDICAL	1	3,6%
UYEC-C	UNIV EAST-CHINA NORMAL	1	3,6%
UYNA-N	UNIV NAPIER	1	3,6%
UYQI-C	UNIV QINGHUA	1	3,6%
UYTU-S	UNIV TULA(~UYTU-Soviet Institute)	1	3,6%
UYTY-C	UNIV TOKYO	1	3,6%
UYZH-C	UNIV ZHEJIANG	1	3,6%
XIEG-I	XIE G(~XIEG-Individual)	1	3,6%
YAMA-I	YAMAMOTO T(~YAMA-Individual)	1	3,6%
YOSH-I	YOSHIOKA T(~YOSH-Individual)	1	3,6%
TOTAL		38	

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Derwent Innovation Index. Dados atualizados até 09/10/2012

Por fim, uma pesquisa exaustiva foi feita nas 28 patentes encontradas, e as 20 patentes selecionadas, referentes a biossensores para etanol, foram agrupadas de acordo com o tipo de depositante na Tabela 14.

Tabela 14 – Levantamento do número de patentes encontradas sobre biossensor para etanol agrupadas por tipo de depositante, após seleção das obtidas na busca no campo título por *ethanol biosensor OR alcohol biosensor*.

Tipo de depositante	Número de registros	% de 20
Indivíduo	1	5%
Empresa	2	10%
Empresa + indivíduo	3	15%
Instituto de pesquisa	6	30%
Universidade	6	30%
Universidade + Instituto de pesquisa	2	10%
Total	20	100%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados exportados da Derwent Innovation Index. Dados atualizados até 09/10/2012

Todos as patentes encontradas com a estratégia escolhida na Derwent estão listadas no Apêndice II.

4.2. Considerações finais

Este trabalho tentou estabelecer uma metodologia para explorar, avaliar e analisar documentos provenientes de bases de dados de artigos científicos, de modo a possibilitar um estudo inicial de prospecção tecnológica sobre biossensores para detecção de etanol. As informações obtidas podem servir como base na avaliação e desenvolvimento de novos projetos de pesquisa sobre o tema, mostrando possíveis tendências, além de fornecer informações sobre o que vem sendo pesquisado.

A metodologia e a forma de organização da informação executadas nessa monografia permitiu a identificação e classificação dos artigos de acordo com alguns elementos considerados importantes para o mapeamento da pesquisa e desenvolvimento existente na área.

Os resultados encontrados e organizados considerando os critérios citados permitiram elaborar diversos gráficos e tabelas. As análises levaram em conta a distribuição geográfica, na forma de documentos publicados por país, e também a evolução histórica, com o número de publicações a cada ano. Também analisou-se de forma aprofundada a distribuição de artigos de acordo com os elementos de reconhecimento e de transdução do biossensor para etanol.

Em relação ao número de documentos publicados por país, observou-se uma predominância dos EUA e da China em praticamente todas as buscas analisadas. Também observou-se ao longo dos anos um crescimento no número de artigos relacionados de algum modo a biossensores. Analisando-se a estratégia de busca escolhida [*TITLE=(ethanol biosensor) OR (alcohol biosensor)*], conclui-se que nos resultados há uma predominância de artigos que estudaram biossensores para detecção de etanol com elemento de reconhecimento enzimático, sendo que em mais da metade dos casos utilizou-se álcool desidrogenase (ADH). Em relação ao elemento de transdução, verificou-se que cerca de $\frac{3}{4}$ dos resultados fizeram uso de algum transdutor eletroquímico, sendo que mais de 80% destes eram amperométricos. Também foi feito um levantamento e análise de patentes por país, ano, e seus principais depositantes.

Além disso, após obtenção de uma grande quantidade de material na forma de artigos científicos, foi possível utilizar os documentos mais relevantes como fonte de informação para elaboração da revisão da literatura. A relevância dos artigos foi avaliada de forma qualitativa analisando-se o número de citações que cada artigo possuía, se estas citações eram recentes ou antigas, sendo ainda que artigos recentes com pouca ou nenhuma citação também foram avaliados e utilizados, desde que considerados relevantes para o tema abordado.

Desta forma, avalia-se que foi possível observar uma importância cada vez maior no desenvolvimento de biossensores em geral, e em especial também para detecção de etanol. Além disso, verificou-se um crescente interesse no uso de tecnologias que utilizam a nanotecnologia na construção de biossensores.

Sugestões para trabalhos futuros

É possível realizar análises mais detalhadas de dados obtidos em bases de dados disponíveis. Dentre algumas análises possíveis, cita-se algumas sugestões possíveis:

- Elaboração de um Mapeamento das Citações (*Citation Mapping*) na Web of Knowledge, permitindo explorar até duas gerações de citações e referências;
- Elaboração de um relatório de citações na Web of Knowledge (*Citation Reports*) e na Scopus (*Citation Overview*), fornecendo métricas úteis de produtividade e desempenho para um conjunto de resultados, como publicações por ano, citações por ano, H-index (N registros com pelo menos N citações), total de citações em todos os documentos, média de citações por item, número de artigos exclusivos citados;
- Elaboração do h-graph na Scopus, que mede o impacto de um conjunto de artigos e mostra o número de citações por documento;

Capítulo 5 – Referências Bibliográficas

AKIN, M. . M. *et al.* A new set up for multi-analyte sensing: At-line bio-process monitoring. **Biosensors & Bioelectronics**, v. 26, n. 11, p. 4532-4537, 15 jul. 2011.

ALBANESE, D. *et al.* Winemaking Process Monitoring Based on a Biosensor Automatic System. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v. 60, n. 5, p. 1909-1916, maio. 2011.

ALHADEFF, E. M. **Projeto e Aplicação de Sistemas de Biossensores Integrados para Detecção de Etanol**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química. Rio de Janeiro, 2005.

ALKIRE, R. *et al.* **Bioelectrochemistry: Fundamentals, Applications and Recent Developments**. 1st. ed. Weinheim, Germany.: Wiley-VCH, 2012. p. 1-83

ALOCILJA, E. C.; RADKE, S. M. Market analysis of biosensors for food safety. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 18, n. 5-6, p. 841-846, maio. 2003.

ANP. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - Glossário**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?id=582>>. Acesso em: 7 dez. 2012.

ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis : 2012**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?dw=62398>>. Acesso em: 7 dez. 2012.

AZEVEDO, A. M. *et al.* Ethanol biosensors based on alcohol oxidase. **Biosensors & bioelectronics**, v. 21, n. 2, p. 235-47, 15 ago. 2005.

BERG, C. **World Fuel Ethanol. Analysis and Outlook**. Disponível em: <<http://www.distill.com/World-Fuel-Ethanol-A&O-2004.html>>. Acesso em: 3 dez. 2012.

BETANCUR, G. J. V. **Avanços em Biotecnologia de Hemicelulose para Produção de Etanol por *Pichia stipitis***. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química. Rio de Janeiro, 2005.

BORZANI, W. *et al.* **Biotecnologia Industrial: Engenharia Bioquímica**. São Paulo: Edgard Blucher, 2001. v. 2p. 560

CALIL, S. S.; ROBERTO, P. **Biossensores : estrutura , funcionamento e aplicabilidade**, 2011. Disponível em: <[http://www.cpgls.ucg.br/6mostra/artigos/SAUDE/SIMONE SAAD CALIL PAULO ROBERTO QUEIROZ.pdf](http://www.cpgls.ucg.br/6mostra/artigos/SAUDE/SIMONE%20SAAD%20CALIL%20PAULO%20ROBERTO%20QUEIROZ.pdf)>. Acesso em: 9 out. 2012

CAPES. **Portal de Periódicos CAPES**. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 9 out. 2012.

CASTILLO, J. *et al.* Biosensors for life quality. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 102, n. 2, p. 179-194, set. 2004.

CHANG, I. S. *et al.* Continuous determination of biochemical oxygen demand using microbial fuel cell type biosensor. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 19, n. 6, p. 607-613, jan. 2004.

CORCUERA, I. R. DE; CAVALIERI, R. P. Biosensors. **Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering**, p. 119-123, 2003.

CUI, Y. *et al.* Nanowire nanosensors for highly sensitive and selective detection of biological and chemical species. **Science (New York, N.Y.)**, v. 293, n. 5533, p. 1289-92, 17 ago. 2001.

D'ORAZIO, P. Biosensors in clinical chemistry - 2011 update. **Clinica chimica acta; international journal of clinical chemistry**, v. 412, n. 19-20, p. 1749-61, 18 set. 2011.

D'SOUZA, S. F. Microbial biosensors. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 16, n. 6, p. 337-353, ago. 2001.

DZYADEVYCH, S. V. *et al.* Amperometric enzyme biosensors: Past, present and future. **IRBM**, v. 29, n. 2-3, p. 171-180, abr. 2008.

ELSEVIER. **Scopus Elsevier**. Disponível em: <<http://www.scopus.com>>. Acesso em: 9 out. 2012.

ERICKSON, D. *et al.* Nanobiosensors: optofluidic, electrical and mechanical approaches to biomolecular detection at the nanoscale. **Microfluidics and nanofluidics**, v. 4, n. 1-2, p. 33-52, jan. 2008.

ESPACENET. **Espacenet Patent search**. Disponível em: <<http://worldwide.espacenet.com>>. Acesso em: 9 out. 2012.

GEIVER, L.; JESSEN, H. **International Ethanol Report: 2010 (10/06/2010)**. Disponível em: <<http://www.ethanolproducer.com/articles/6696/international-ethanol-report-2010>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

GOBI INTERNATIONAL. **Ethanol (Ethyl Alcohol) - World Summary**. Disponível em: <www.marketresearchandstatistics.com/ethanol-ethyl-alcohol-world-summary-p-2815.html>. Acesso em: 7 dez. 2012.

HUANG, J. *et al.* Optical characteristics and environmental pollutants detection of porous silicon microcavities. **Science China-Chemistry**, v. 54, n. 8, p. 1348-1356, 2011.

HULANICKI, A.; STANISLAW, G.; INGMAN, F. CHEMICAL SENSORS - DEFINITIONS AND CLASSIFICATION. **Pure & Appl. Chem. (IUPAC)**, v. 63, n. 9, p. 1247-1250, 1991.

HUNSAKER, D.; MCBRAYER, J.; ELMORE, J. Ethanol production and the environment. **Energy**, v. 14, n. 8, p. 451-468, 1989.

IEA. **Industrial Ethanol (Industrial Ethanol Association)**. Disponível em: <<http://www.industrial-ethanol.org/index.php?page=industrial-ethanol>>. Acesso em: 6 dez. 2012.

INDUSTRY, U.K. Department of Trade and. **Biosensors for Industrial Applications: A Review of Biosensor Technology**, 2001. Disponível em: <http://biowise.org.uk/core_files/biosensor_review.pdf>

IVNITSKI, D. *et al.* Biosensors for detection of pathogenic bacteria. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 14, n. 7, p. 599-624, out. 1999.

IVNITSKI, D. *et al.* Electrochemical biosensor based on supported planar lipid bilayers for fast detection of pathogenic bacteria. **Electrochemistry Communications**, v. 2, n. 7, p. 457-460, 1 jul. 2000.

JIANRONG, C. *et al.* Nanotechnology and biosensors. **Biotechnology advances**, v. 22, n. 7, p. 505-18, set. 2004.

KARNAUKH.NA. BIOSENSOR MADE OF ELECTROCONDUCTIVE PAPER TO MEASURE RESPIRATORY ACTIVITY. **KOSMICHEKAYA BIOLOGIYA I AVIAKOSMICHEKAYA MEDITSINA**, v. 8, n. 5, p. 82-84, 1974.

KIMMEL, D. W. *et al.* Electrochemical sensors and biosensors. **Analytical chemistry**, v. 84, n. 2, p. 685-707, 17 jan. 2012.

LABUDA, J. *et al.* Electrochemical nucleic acid-based biosensors: Concepts, terms, and methodology (IUPAC Technical Report). **Pure and Applied Chemistry**, v. 82, n. 5, p. 1161-1187, 20 abr. 2010.

LEAL, M. R. L. V.; HORTA NOGUEIRA, L. A.; CORTEZ, L. A. B. Land demand for ethanol production. **Applied Energy**, v. 102, p. 266-271, nov. 2012.

LEE, T. M.-H. Over-the-Counter Biosensors: Past, Present, and Future. **Sensors**, v. 8, n. 9, p. 5535-5559, 6 set. 2008.

LEI, Y.; CHEN, W.; MULCHANDANI, A. Microbial biosensors. **Analytica chimica acta**, v. 568, n. 1-2, p. 200-10, 24 maio. 2006.

LUI, C.; CADY, N. C.; BATT, C. A. Nucleic Acid-based Detection of Bacterial Pathogens Using Integrated Microfluidic Platform Systems. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 9, n. 5, p. 3713-44, jan. 2009.

LUONG, J. H. T.; MALE, K. B.; GLENNON, J. D. Biosensor technology: technology push versus market pull. **Biotechnology advances**, v. 26, n. 5, p. 492-500, 2008.

MENDELEY, **Mendeley**. Disponível em: <<http://www.mendeley.com/>>. Acesso em: 23 jul. 2012.

MERIC, B. *et al.* Electrochemical DNA biosensor for the detection of TT and Hepatitis B virus from PCR amplified real samples by using methylene blue. **Talanta**, v. 56, n. 5, p. 837-46, 1 abr. 2002.

MERKOČI, A. *et al.* **Nucleic Acid Biosensors for Environmental Pollution Monitoring**. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2011. v. 0

MITSUBAYASHI, K. *et al.* GAS-PHASE BIOSENSOR FOR ETHANOL. **Analytical Chemistry**, v. 66, n. 20, p. 3297-3302, 1994.

MOHANTY, S. P.; KOUZIANOS, E. Biosensors: a tutorial review. **IEEE Potentials**, v. 25, n. 2, p. 35-40, mar. 2006.

MONOŠÍK, R.; STREĎANSKÝ, M.; ŠTURDÍK, E. Biosensors - classification, characterization and new trends. **Acta Chimica Slovaca**, v. 5, n. 1, p. 109-120, 1 abr. 2012.

MOREIRA, J. R.; GOLDEMBERG, J. The alcohol program. **Energy Policy**, v. 27, n. 4, p. 229-245, abr. 1999.

MORGAN, E. L. *et al.* AUTOMATED BIOMONITORING APPLICATIONS TO REMOTE WATER QUALITY STATIONS AND SATELLITE DATA RETRIEVAL: NEW DEVELOPMENTS IN ACHIEVING REAL-TIME BIOSENSING FOR WATERSHED MANAGEMENT. **ASME Pap**, n. 79 -ENAs-41, 1979.

MULCHANDANI, A. *et al.* Biosensor for Direct Determination of Organophosphate Nerve Agents Using Recombinant Escherichia coli with Surface-Expressed Organophosphorus Hydrolase. 1. Potentiometric Microbial Electrode. **Analytical Chemistry**, v. 70, n. 19, p. 4140-4145, out. 1998.

MUSSATTO, S. I. *et al.* Technological trends, global market, and challenges of bio-ethanol production. **Biotechnology advances**, v. 28, n. 6, p. 817-30, 2010.

NEWMAN, J. D.; TURNER, A. P. F. Home blood glucose biosensors: a commercial perspective. **Biosensors & bioelectronics**, v. 20, n. 12, p. 2435-53, 15 jun. 2005.

PATEL, N. G. *et al.* Screen-printed biosensors using different alcohol oxidases. **Sensors and Actuators B-Chemical**, v. 75, n. 1-2, p. 101-110, 2001.

Produção de álcool e de açúcar baterá recorde em 2008, prevê Conab.
Disponível em:
<<http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u396881.shtml>>. Acesso em:
3 dez. 2012.

RAMANATHAN, K.; DANIELSSON, B. Principles and applications of thermal biosensors. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 16, n. 6, p. 417-423, ago. 2001.

RODRIGUEZ-MOZAZ, S. *et al.* Biosensors for environmental monitoring A global perspective. **Talanta**, v. 65, n. 2, p. 291-7, 30 jan. 2005.

ROGERS, K. R. Recent advances in biosensor techniques for environmental monitoring. **Analytica chimica acta**, v. 568, n. 1-2, p. 222-31, 24 maio. 2006.

SALGADO, A. M. **Desenvolvimento de um biossensor enzimático de sacarose**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química. Rio de Janeiro, 1997.

SANTOS, A. DE S. **Desenvolvimento de um biossensor amperométrico para álcool, empregando mediadores de elétrons imobilizados sobre SiO₂/Nb₂O₅**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química. Campinas, 2003.

SASSOLAS, A.; LECA-BOUVIER, B. D.; BLUM, L. J. DNA biosensors and microarrays. **Chemical reviews**, v. 108, n. 1, p. 109-39, jan. 2008.

SEBORG, D. E.; EDGAR, T. F.; MELLICHAMP, D. A. **Process Dynamics and Control**. 2nd. ed. New York, NY, United States: John Wiley & Sons Inc, 2003.

SHARMA, A.; QUANTRILL, N. S. M. Measurement of ethanol using fluorescence quenching. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy**, v. 50, n. 6, p. 1161-1177, jun. 1994.

SU, L. *et al.* Microbial biosensors: a review. **Biosensors & bioelectronics**, v. 26, n. 5, p. 1788-99, 15 jan. 2011.

SVITEL, J.; CURILLA, O.; TKAC, J. Microbial cell-based biosensor for sensing glucose, sucrose or lactose. **Biotechnology and applied biochemistry**, v. 27, p. 153-158, 1998.

SWAIN, A. Biosensors: a new realism. **Annales de biologie clinique**, v. 50, n. 3, p. 175-9, jan. 1992.

THÉVENOT, D. R. *et al.* Electrochemical biosensors: Recommended definitions and classification (Technical Report). **Pure & Appl. Chem. (IUPAC)**, v. 71, n. 12, p. 2333-2348, 1999.

THÉVENOT, D. R. *et al.* Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 16, n. 1-2, p. 121-131, 2001.

THOMSON-REUTERS. **Web of Knowledge (Thomson Reuters)**. Disponível em: <<http://www.webofknowledge.com>>. Acesso em: 9 out. 2012.

TIBAZARWA, C. *et al.* A microbial biosensor to predict bioavailable nickel in soil and its transfer to plants. **Environmental Pollution**, v. 113, n. 1, p. 19-26, jun. 2001.

TURNER, A. P. F.; KARUBE, I.; WILSON, G. S. **Biosensors - Fundamentals and Applications**. [s.l.] Oxford University Press, USA, 1989.

VALDMAN, B.; FOLLY, R.; SALGADO, A. **Dinâmica, controle e instrumentação de processos**. Rio de Janeiro, RJ. Brasil.: Editora UFRJ, 2008.

VERMA, N.; SINGH, M. Biosensors for heavy metals. **BioMetals**, v. 18, n. 2, p. 121-129, abr. 2005.

VIKESLAND, P. J.; WIGGINTON, K. R. Nanomaterial enabled biosensors for pathogen monitoring - a review. **Environmental science & technology**, v. 44, n. 10, p. 3656-69, 15 maio. 2010.

WANG, J. *et al.* DNA electrochemical biosensor for the detection of short DNA sequences related to the human immunodeficiency virus. **Analytical chemistry**, v. 68, n. 15, p. 2629-34, 1 ago. 1996.

WANG, R. *et al.* Evaluation study of a portable impedance biosensor for detection of avian influenza virus. **Journal of virological methods**, v. 178, n. 1-2, p. 52-8, dez. 2011.

YAKOVLEVA, M.; BHAND, S.; DANIELSSON, B. The enzyme thermistor-A realistic biosensor concept. A critical review. **Analytica chimica acta**, v. 766, p. 1-12, 5 mar. 2013.

YOGESWARAN, U.; CHEN, S.-M. A Review on the Electrochemical Sensors and Biosensors Composed of Nanowires as Sensing Material. **Sensors**, v. 8, n. 1, p. 290-313, 21 jan. 2008.

Capítulo 6 - APÊNDICES

SCOPUS - Your query: (TITLE(ethanol biosensor) OR TITLE(alcohol biosensor))
(até 09/10/2012)

Title	Authors	Year	Source title	Vol.	Issue	Cited by	Document Type	PDF	Étanol?	Elemento de reconhecimento	Tipo	Transdutor	Tipo	Eletrodo	Faixa	Tempo de resposta (s)
042 Non-invasive assessment of ethanol intoxication with a biosensor-based disposable device: an evaluation	Cattozzo G., Franzini C.	1992	Fresenius' Journal of Analytical Chemistry	343	1		Article		X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	fotométrico				
A biosensor based on graphite epoxy composite electrode for aspartame and ethanol detection	Kirgoz U.A., Odaci D., Timur S., Merkoci A., Alegret S., Besun N., Telefoncu A.	2006	Analytica Chimica Acta	570	2	17	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	compósito grafite-epóxi	2,5-25 µM	70
A disposable amperometric ethanol biosensor based on screen-printed carbon electrodes mediated with ferricyanide-magnetic nanoparticle mixture	Liao M.-H., Guo J.-C., Chen W.-C.	2006	Journal of Magnetism and Magnetic Materials	304	1	14	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	SPCE	1,0-9,0 mM	20
A disposable reagentless screen-printed amperometric biosensor for the measurement of alcohol in beverages	Sprules S.D., Hartley I.C., Wedge R., Hart J.P., Pittson R.	1996	Analytica Chimica Acta	329	3	43	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	SPCE	5-35 mM	-
A glucose biosensor based on a terpolymer gel from grafting 4-vinylpyridine and acrylamide on poly(vinyl alcohol)	Kou W., Li B., Deng Q., Cheng G., Dong S.	1998	Fenxi Huaxue	26	1	1	Article									
A NADH-dependent fiber-optic biosensor for ethanol determination with a UV-LED excitation system	Kudo H., Sawai M., Wang X., Gessei T., Koshida T., Miyajima K., Saito H., Mitsubayashi K.	2009	Sensors and Actuators, B: Chemical	141	1	10	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	fotométrico	fibra-ótica	-	1,00-300 µM	-
A new amperometric alcohol oxidase biosensor based on conducting polymer of (4,7-dithien-2-yl-2, 1,3-benzothiadiazole)	Tanriverdi S., Tuncagil S., Toppare L.	2012	Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry	49	3		Article		X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico			
A nitric oxide biosensor based on the multi-assembly of hemoglobin/montmorillonite/polyvinyl alcohol at a pyrolytic graphite electrode	Pang J., Fan C., Liu X., Chen T., Li G.	2003	Biosensors and Bioelectronics	19	5	47	Article	X								
A novel alcohol biosensor based on alcohol dehydrogenase and modified electrode with ZrO2 nanoparticles	Salimi F., Negahdary M., Mazaheri G., Akbari-dastjerdi H., Ghanbari-kakavandi Y., Javadi S., Inanloo S.H., Mirhashemi-route M., Shokoohnia M.H., Sayad A.	2012	International Journal of Electrochemical Science	7	8		Article		X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)			CPE + ZrO2	1-26 mM	
A novel alcohol dehydrogenase biosensor based on solid-state electrogenerated chemiluminescence by assembling dehydrogenase to Ru(bpy)3 2+-Au nanoparticles aggregates	Zhang L., Xu Z., Sun X., Dong S.	2007	Biosensors and Bioelectronics	22	6	40	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	fotométrico	ECL	ITO	0,01-10 mM	
A novel electrochemiluminescence ethanol biosensor based on tris(2,2-bipyridine) ruthenium (II) and alcohol dehydrogenase immobilized in graphene/bovine serum albumin composite film	Gao W., Chen Y., Xi J., Lin S., Chen Y., Lin Y., Chen Z.	2012	Biosensors and Bioelectronics				Article in Press	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	fotométrico	ECL	GCE	1-2000 µM	
A novel electrochemiluminescence glucose biosensor based on alcohol-free mesoporous molecular sieve silica modified electrode	Lei R., Wang X., Zhu S., Li N.	2011	Sensors and Actuators, B: Chemical	158	1	2	Article	X								
A novel hydrogen peroxide biosensor based on sol-gel poly(vinyl alcohol) (PVA)/(titanium dioxide)TiO2 hybrid material	Tan S., Tan X., Xu J., Zhao D., Zhang J., Liu L.	2011	Analytical Methods	3	1		Article									
A novel microassay for measuring blood alcohol concentration using a disposable biosensor strip	Zhen S., Wang Y., Liu C., Xie G., Zou C., Zheng J., Zhu Y.	2011	Forensic Science International	207	1-3	2	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	SPE (MWCNT+GNPs)	0,2-25 mM	< 15

SCOPUS - Your query: (TITLE(ethanol biosensor) OR TITLE(alcohol biosensor))
(até 09/10/2012)

Title	Authors	Year	Source title	Vol.	Issue	Cited by	Document Type	PDF	Étanol?	Elemento de reconhecimento	Tipo	Transdutor	Tipo	Eletrodo	Faixa	Tempo de resposta (s)
A novel ormosil based electrocatalytic biosensor for glucose/ethanol based on dehydrogenase modified electrode	Pandey P.C., Upadhyay S., Tiwari I., Tripathi V.S.	2001	Electroanalysis	13	10	14	Review		X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico				
A potentiometric formaldehyde biosensor based on immobilization of alcohol oxidase on acryloxysuccinimide-modified acrylic microspheres.	Ling Y.P., Heng L.Y.	2010	Sensors (Basel, Switzerland)	10	11	4	Article									
A rapid and sensitive alcohol oxidase/catalase conductometric biosensor for alcohol determination	Hnaïen M., Lagarde F., Jaffrezic-Renault N.	2010	Talanta	81	1-2	8	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	condutivimétrico	gold interdigitated thin-film	1-70 µM	300
A reagentless amperometric alcohol biosensor based on carbon-nanotube/teflon composite electrodes	Wang J., Musameh M.	2003	Analytical Letters	36	9	33	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	MWCNT/Teflon composite	1-5 mM	30
A reagentless amperometric biosensor for alcohol detection in column liquid chromatography based on co-immobilized peroxidase and alcohol oxidase in carbon paste	Johansson K., Jonsson-Pettersson G., Gorton L., Marko-Varga G., Csoregi E.	1993	Journal of Biotechnology	31	3	39	Conference Paper	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD) + horseradish peroxidase (HRP)	eletroquímico	amperométrico	CPE		
A reagentless bienzyme amperometric biosensor based on alcohol oxidase/peroxidase and an Os-complex modified electrodeposition paint	Smutok O., Ngounou B., Pavlishko H., Gayda G., Gonchar M., Schuhmann W.	2006	Sensors and Actuators, B: Chemical	113	2	30	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD) + horseradish peroxidase (HRP)	eletroquímico	amperométrico	EDP	2 mM	45
Acetylcholine biosensor involving entrapment of acetylcholinesterase and poly(ethylene glycol)-modified choline oxidase in a poly(vinyl alcohol) cryogel membrane	Doretta L., Ferrara D., Lora S., Schiavon F., Veronese F.M.	2000	Enzyme and Microbial Technology	27	3-5	47	Article	X								
Acid-stable amperometric soybean peroxidase biosensor based on a self-gelatinizable grafting copolymer of polyvinyl alcohol and 4-vinylpyridine	Wang B., Li B., Cheng G., Dong S.	2001	Electroanalysis	13	7	15	Review									
Alcohol biosensor based on alcohol dehydrogenase and Meldola Blue immobilized into a carbon paste electrode	Garcia Mullor S., Sanchez-Cabezudo M., Miranda Ordieres A.J., Lopez Ruiz B.	1996	Talanta	43	5	36	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	MB + CPE	0,1-20 mM	
Alcohol biosensor based on the immobilization of meldola blue and alcohol dehydrogenase into a carbon nanotube paste electrode	Antiochia R., Lavagnini I.	2006	Analytical Letters	39	8	16	Conference Paper		X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	CNTP + MB		
Alcohol dehydrogenase amperometric biosensor based on a colloidal gold-carbon nanotubes composite electrode	Manso J., Mena M.L., Yanez-Sedeno P., Pingarron J.M.	2008	Electrochimica Acta	53	11	36	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	MWCNT/Teflon composite + colloidal gold	0,2-1,0 mM	
Alcohol dehydrogenase biosensor based on a graphite electrode modified with toluidine blue	Shi Q., Cheng Q., Zhang P.	1997	Fenxi Huaxue	25	6		Article		X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	wax-impregnate graphite + TB	0,05-10 mM	20
Amperometric biosensor for ethanol based on immobilization of alcohol dehydrogenase on a nickel hexacyanoferrate modified microband gold electrode	Cai C.-X., Xue K.-H., Zhou Y.-M., Yang H.	1997	Talanta	44	3	57	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	NiHCF/Au	0,0005-5 mM	50
Amperometric biosensor for determination of ethanol vapor	Park J.-K., Yee H.-J., Kim S.-T.	1995	Biosensors and Bioelectronics	10	6-7	29	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	SCPE		20

SCOPUS - Your query: (TITLE(ethanol biosensor) OR TITLE(alcohol biosensor))
(até 09/10/2012)

Title	Authors	Year	Source title	Vol.	Issue	Cited by	Document Type	PDF	Étanol?	Elemento de reconhecimento	Tipo	Transdutor	Tipo	Eletrodo	Faixa	Tempo de resposta (s)
Amperometric biosensor for ethanol analysis in wines and must during wine fermentation	Shkotova L.V., Slast'ya E.A., Zhylyakova T.A., Soldatkin A.P., Schuhmann W., Dzyadevych S.V.	2005	Ukrain'skyi Biokhimichnyi Zhurnal	77	1	2	Article		X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	SPPE		
Amperometric biosensor for ethanol based on co-immobilization of alcohol dehydrogenase and Meldola's Blue on multi-wall carbon nanotube	Santos A.S., Pereira A.C., Duran N., Kubota L.T.	2006	Electrochimica Acta	52	1	40	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	MWCNT + MB	0,05-10 mM	
Amperometric biosensor for ethanol detection based on alcohol oxidase immobilised within electrochemically deposited Resydrol film	Shkotova L.V., Soldatkin A.P., Gonchar M.V., Schuhmann W., Dzyadevych S.V.	2006	Materials Science and Engineering C	26	2-3	30	Conference Paper	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	SPPE		
Amperometric ethanol biosensor based on carbon nanotubes dispersed in sol-gel-derived titania-Nafion composite film	Han N.C., Lyu Y.-K., Jee H.H., Lee W.-Y.	2007	Electroanalysis	19	14	4	Article		X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	CNT	0,01-3,0 mM	2
Amperometric ethanol biosensor based on integration of alcohol dehydrogenase with meldola's blue/ordered mesoporous carbon electrode	Jiang X., Zhu L., Yang D., Mao X., Wu Y.	2009	Electroanalysis	21	14	11	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	MB/OMC/GCE	0,02-6 mM	2±1
Amperometric ethanol biosensor based on layer-by-layer deposition of alcohol oxidase on the Platinum electrode	Li S., Wang Y., Zhao Z., Qin X., Wang X., Wang H., Yu M., Miao Z., Wu B., Chen Q.	2008	Sensor Letters	6	2	1	Article		X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	Pt / GC / Au	0,2-400 mM	< 10
Amperometric ethanol biosensor based on poly(vinyl alcohol)-multiwalled carbon nanotube-alcohol dehydrogenase biocomposite	Tsai Y.-C., Huang J.-D., Chiu C.-C.	2007	Biosensors and Bioelectronics	22	12	55	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	PVA-MWCNT	0,013-1,5 mM	8
Amperometric ethanol biosensor based on alcohol dehydrogenase immobilized at poly-L-lysine coated carminic acid functionalized multiwalled carbon nanotube film	Ho Y.-H., Periasamy A.P., Chen S.-M.	2011	International Journal of Electrochemical Science	6	9	1	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	CACNT	16,64-66,22 mM	5
An alcohol oxidase biosensor using PNR redox mediator at carbon film electrodes	Barsan M.M., Brett C.M.A.	2008	Talanta	74	5	28	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	PNR modified carbon film		
An amperometric biosensor based on glucose oxidase immobilized in a sol-gel polyvinyl alcohol/silica hybrid composite film on a prussian blue modified electrode	Zuo S.-H., Zhao H.-L., Zhang L.-F., Yuan H.-H., Lan M.-B., Lawrance G.A., Wei G.	2010	Advanced Science Letters	3	4	11	Article									
An amperometric microbial biosensor development based on Candida tropicalis yeast cells for sensitive determination of ethanol	Akyilmaz E., Dincckaya E.	2005	Biosensors and Bioelectronics	20	7	28	Article	X	X	microbiano	Candida tropicalis / AOD	eletroquímico	amperométrico	* oxygen probe	0,5-7,5 mM	2
An ethanol biosensor based on a bacterial cell-immobilized eggshell membrane	Wen G.M., Shuang S.M., Dong C., Choi M.M.F.	2012	Chinese Chemical Letters	23	4		Review	X	X	microbiano	Methylobacterium organophilium			* oxygen electrode	0,050-7,5 mM	< 100
An ethanol biosensor can detect low-oxygen injury in modified atmosphere packages of fresh-cut produce	Smyth A.B., Talasila P.C., Cameron A.C.	1999	Postharvest Biology and Technology	15	2	12	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD) + peroxidase				10 µl/l	15
An interference-free first generation alcohol biosensor based on a gold electrode modified by an overoxidised non-conducting polypyrrole film	Carelli D., Centonze D., De Giglio A., Quinto M., Zambonin P.G.	2006	Analytica Chimica Acta	565	1	21	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD) + horseradish peroxidase (HRP)	eletroquímico	amperométrico	Au	0,01-0,75 mM	8

APÊNDICE I - Listagem de artigos encontrados com a estratégia escolhida

SCOPUS - Your query: (TITLE(ethanol biosensor) OR TITLE(alcohol biosensor))
(até 09/10/2012)

Title	Authors	Year	Source title	Vol.	Issue	Cited by	Document Type	PDF	Étanol?	Elemento de reconhecimento	Tipo	Transdutor	Tipo	Eletrodo	Faixa	Tempo de resposta (s)
An organically modified silicate-based ethanol biosensor	Pandey P.C, Upadhyay S., Tiwari I., Tripathi V.S.	2001	Analytical Biochemistry	288	1	11	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	ferrocene-ormosil	0,04-25 mM	25-35
Analysis of ethanol in fermentation samples by a robust nanocomposite-based microbial biosensor	Sevcovicova J., Filip J., Mastihuba V., Gemeiner P., Tkac J.	2012	Biotechnology Letters	34	6		Article	X	X	microbiano	<i>Glucanobacter oxydans</i> / ADH	eletroquímico	potenciométrico	ferricyanide CNT	0,01-1 mM	67/h
Analysis of volatile alcohols in apple juices by an electrochemical biosensor measuring in the headspace above the liquid	Hammerle M., Hilgert K., Horn M.A., Moos R.	2011	Sensors and Actuators, B: Chemical	158	1	5	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	Teflon/platinum	0,10-30 mM	69
Application of a biosensor for monitoring of ethanol	Wen G., Zhang Y., Shuang S., Dong C., Choi M.M.F.	2007	Biosensors and Bioelectronics	23	1	29	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)			oxygen sensor	0,06-0,80 mM	60
Application of biosensor in determination of cellulosic ethanol by fermentation	Feng D., Wang B., Liang X., Li X., Li D., Liu Z.	2011	Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering	27			Article		X							20
Application of biosensor with amperometric detection for determining ethanol	Varadi M., Adanyi N.	1994	Analyst	119	8	15	Article		X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	platinum-Ag-AgCl-platinum	1-8% v/v = 0,17-1,37 mM	
Biosensor for the monitoring of hydrogen peroxide using poly(vinyl alcohol) membrane system	Joo H., Yoo Y.J.	1991	Biotechnology Techniques	5	6	3	Article									
Carbon felt composite electrodes and their use in electrochemical sensing: A biosensor based on alcohol dehydrogenase	Tobalina F., Pariente F., Hernandez L., Abruna H.D., Lorenzo E.	1998	Analytica Chimica Acta	358	1	15	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	CFME/GCE		<60
Carbon nanotubes-ionic liquid and chlorpromazine modified electrode for determination of NADH and fabrication of ethanol biosensor	Salimi A., Lasghari S., Noorbakhash A.	2010	Electroanalysis	22	15	12	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	potenciométrico	CNT	0,04-1,5 mM	
Carboxyl esterase-alcohol oxidase based biosensor for the aspartame determination	Odaci D., Timur S., Telefoncu A.	2004	Food Chemistry	84	3	19	Article	X								
Conductometric biosensor for ethanol detection based on whole yeast cells.	Korpan Y.I., Dzyadevich S.V., Zharova V.P., El'skaya A.V.	1994	Ukrainskii biokhichimicheskii zhurnal	66	1	12	Article		X	microbiano	yeast	eletroquímico	condutivimétrico		5-100 mM	<300
Deconvolving an estimate of breath measured blood alcohol concentration from biosensor collected transdermal ethanol data	Dumett M.A., Rosen I.G., Sabat J., Shaman A., Tempelman L., Wang C., Swift R.M.	2008	Applied Mathematics and Computation	196	2	2	Article	X	X					*modelagem matematica		

APÊNDICE I - Listagem de artigos encontrados com a estratégia escolhida

SCOPUS - Your query: (TITLE(ethanol biosensor) OR TITLE(alcohol biosensor))
(até 09/10/2012)

Title	Authors	Year	Source title	Vol.	Issue	Cited by	Document Type	PDF	Étanol?	Elemento de reconhecimento	Tipo	Transdutor	Tipo	Eletrodo	Faixa	Tempo de resposta (s)
Determination of breath alcohol using a differential-type amperometric biosensor based on alcohol dehydrogenase	Park J.-K., Yee H.-J., Lee K.S., Lee W.-Y., Shin M.-C., Kim T.-H., Kim S.-R.	1999	Analytica Chimica Acta	390	1-3	55	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	405 mg of ADH, 45 mg of NAD ⁺ , 400 mg of lactitol, and 40 mg of DEAE-dextran with 4.0 ml of 2% (w/v) hydroxyethyl cellulose solution in a 0.1 M phosphate buffer (pH 7.4) containing 6% (w/v) ethylene glycol and then by mixing the prepared solution with 1.28 g of carbon powder	20-800 ppm	5-20s
Determination of serum alcohol using a disposable biosensor	Luo P., Liu Y., Xie G., Xiong X., Deng S., Song F.	2008	Forensic Science International	179	2-3	10	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	SPCE + MB	1-5 mM	30
Development and characterization of an implantable biosensor for telemetric monitoring of ethanol in the brain of freely moving rats	Rocchitta G., Secchi O., Alvau M.D., Migheli R., Calia G., Bazzu G., Farina D., Desole M.S., O'Neill R.D., Serra P.A.	2012	Analytical Chemistry	84	16		Article		X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico		variado	1,6±0,7
Development of a catalase based biosensor for alcohol determination in beer samples	Akyilmaz E., Dincakaya E.	2003	Talanta	61	2	13	Article	X	X	enzimático	catalase	eletroquímico	amperométrico	*dissolved oxygen probe	0,05-1,0 mM	180
Development of a disposable ethanol biosensor based on a chemically modified screen-printed electrode coated with alcohol oxidase for the analysis of beer	Boujita M., P. Hart J., Pittson R.	2000	Biosensors and Bioelectronics	15	5-6	65	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	SCPE + cobalt phthalocyanine	0,12-2,00 mM	60
Development of an alcohol dehydrogenase biosensor for ethanol determination with toluidine blue O covalently attached to a cellulose acetate modified electrode	Alpat S., Telefoncu A.	2010	Sensors	10	1	6	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	potenciométrico	GCE + TBO + BSA	0,01-0,4 mM	
Development of an alcohol fermentation control system based on biosensor measurements interpreted by neural networks	Ferreira L.S., De Souza Jr M.B., Folly R.O.M.	2001	Sensors and Actuators, B: Chemical	75	3	15	Article	X								
Development of an amperometric ethanol biosensor based on a multiwalled carbon nanotube-Nafion-alcohol dehydrogenase nanobiocomposite	Liaw H.-W., Chen J.-M., Tsai Y.-C.	2006	Journal of Nanoscience and Nanotechnology	6	8	16	Article		X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	MWCNT + Nafion	3-100 µM	4
Development of electrochemical microbial biosensor for ethanol based on <i>Aspergillus niger</i>	Subrahmanyam S., Shanmugam K., Subramanian T.V., Murugesan M., Murali Madhav V., Jeyakumar D.	2001	Electroanalysis	13	11	5	Article	X	X	microbiano	<i>Aspergillus niger</i>	eletroquímico	potenciométrico	Pt + Teflon	1-32 ppm (v/v)	15
Direct electrochemistry of alcohol oxidase using multiwalled carbon nanotube as electroactive matrix for biosensor application	Das M., Goswami P	2013	Bioelectrochemistry	89			Article in Press	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	MWCNT + Nafion	8-42 µM	55
Disposable blood alcohol biosensor based on meldola's blue as electron transfer mediator	Luo P., Xie G.-M., Song F.-Z., Deng S.-X., Xu H.-J.	2007	Fenxi Huaxue/ Chinese Journal of Analytical Chemistry	35	12	2	Article		X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico		SPCE + MB + Nafion	0,2-2,5 mM	<20
Electrochemical detection of blood alcohol concentration using a disposable biosensor based on screen-printed electrode modified with Nafion and gold nanoparticles	Luo P., Xie G., Liu Y., Xu H., Deng S., Song F.	2008	Clinical Chemistry and Laboratory Medicine	46	11	2	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	SPCE + MB + Nafion	0,016-8 mM	40

APÊNDICE I - Listagem de artigos encontrados com a estratégia escolhida

SCOPUS - Your query: (TITLE(ethanol biosensor) OR TITLE(alcohol biosensor))
(até 09/10/2012)

Title	Authors	Year	Source title	Vol.	Issue	Cited by	Document Type	PDF	Étanol?	Elemento de reconhecimento	Tipo	Transdutor	Tipo	Eletrodo	Faixa	Tempo de resposta (s)
Electrogenerated chemiluminescence biosensor with alcohol dehydrogenase and tris(2,2'-bipyridyl)ruthenium (II) immobilized in sol-gel hybrid material	Xu Z., Guo Z., Dong S.	2005	Biosensors and Bioelectronics	21	3	47	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	fotométrico	ECL	GCE	0,025-50 mM	
Electrogenerated chemiluminescence ethanol biosensor based on alcohol dehydrogenase functionalized Ru(bpy)3 2+ doped silica nanoparticles	Jia T.-t., Cai Z.-m., Chen X.-m., Lin Z.-j., Huang X.-l., Chen X., Chen G.-n.	2009	Biosensors and Bioelectronics	25	1	17	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	fotométrico	ECL	GCE	0,0001-10 mM	
Electrogenerated chemiluminescence ethanol biosensor based on carbon nanotube-titania-Nafion composite film	Han N.C., Sook H.Y., Lyu Y.-K., Lee W.-Y.	2007	Electroanalysis	19	4	4	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	fotométrico	ECL	CNT +mesoporous titania-Nafion	0,01-100 mM	
Electrospun poly(vinyl alcohol)/glucose oxidase biocomposite membranes for biosensor applications	Ren G., Xu X., Liu Q., Cheng J., Yuan X., Wu L., Wan Y.	2006	Reactive and Functional Polymers	66	12	79	Article	X								
Ethanol biosensor using immobilized coenzyme	Gotoh M., Karube I.	1994	Analytical Letters	27	2	10	Article		X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)				0,05-10% v/v	60
Ethanol Gluconobacter biosensor designed for flow injection analysis. Application in ethanol fermentation off-line monitoring	Valach M., Katrlík J., Sturdík E., Gemeiner P.	2009	Sensors and Actuators, B: Chemical	138	2	9	Article	X	X	microbiano	<i>Glucanobacter oxydans</i>	eletroquímico	amperométrico	GCE - Ag/AgCl	0,01-1,5 mM	180
Evaluation of an alcohol oxidase - Based enzyme biosensor immobilized in PVA-AWP polymer	Beesabathuni S.N., Danao M.-G.C.	2010	American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2010	7			Conference Paper		X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico			
Fabrication of a tunable glucose biosensor based on zinc oxide/chitosan-graft-poly(vinyl alcohol) core-shell nanocomposite	Shukla S.K., Deshpande S.R., Shukla S.K., Tiwari A.	2012	Talanta	99			Article									
Fiber-optic biosensor for ethanol, based on an internal enzyme concept	Walters B.S., Nielsen T.J., Arnold M.A.	1988	Talanta	35	2	16	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	fotométrico	fibra-ótica		0,9-9 mM	
Fibre-optic biosensor based on luminescence and immobilized enzymes: microdetermination of sorbitol, ethanol and oxaloacetate.	Gautier S.M., Blum L.J., Coulet P.R.	1990	Journal of bioluminescence and chemiluminescence	5	1	29	Article		X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	fotométrico	fibra-ótica			
Gas-phase biosensor for ethanol	Mitsubayashi K., Yokoyama K., Takeuchi T., Karube I.	1994	Analytical Chemistry	66	20	71	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	* oxygen electrode	0,358-1242 ppm	
Glucose Amperometric Biosensor Based on the Co-immobilization of Glucose Oxidase (GOx) and Ferrocene in Poly(pyrrole) Generated from Ethanol/Water Mixtures	Fiorito P.A., Cordoba De Torresi S.I.	2001	Journal of the Brazilian Chemical Society	12	6	28	Article									
Glucose biosensor with a hydrophilic polyurethane (HPU) blended with polyvinyl alcohol/vinyl butyral copolymer (PVAB) outer membrane	Han J.H., Taylor J.D., Kim D.S., Kim Y.S., Kim Y.T., Cha G.S., Nam H.	2007	Sensors and Actuators, B: Chemical	123	1	13	Article	X								
Graphene-carbon nanotubes modified graphite electrode for the determination of nicotinamide adenine dinucleotide and fabrication of alcohol biosensor	Prasannakumar S., Manjunatha R., Nethravathi C., Suresh G.S., Rajamathi M., Venkatesha T.V.	2012	Journal of Solid State Electrochemistry	16	10		Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	graphite/PDDA/PSS-[MWCNTs-NH ₃ ⁺ -graphene-COO] ₅	25-200 µM	5

SCOPUS - Your query: (TITLE(ethanol biosensor) OR TITLE(alcohol biosensor))
(até 09/10/2012)

Title	Authors	Year	Source title	Vol.	Issue	Cited by	Document Type	PDF	Étanol?	Elemento de reconhecimento	Tipo	Transdutor	Tipo	Eletrodo	Faixa	Tempo de resposta (s)
Highly sensitive ethanol biosensor based on nano-materials and polyelectrolytes	Li S., Wang Y.-Y., Zhao Z.-X., Qin X., Wang X.-S., Wu B.-Y., Chen Q.	2008	Fenxi Huaxue/ Chinese Journal of Analytical Chemistry	36	2	1	Article		X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	MWCNTs	0,025-2,5 mM	
Highly stable amperometric biosensor for ethanol based on Meldola's blue adsorbed on silica gel modified with niobium oxide	Santos A.S., Freire R.S., Kubota L.T.	2003	Journal of Electroanalytical Chemistry	547	2	47	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	CPE	0,1-10 mM	0,6
Hydrogen peroxide biosensor based on poly (vinyl alcohol)/ZnO nanorods composite films	Tan S., Tan X., Jiang J., Xu J., Zhang J., Zhao D., Liu L., Huang Z.	2012	Journal of Electroanalytical Chemistry	668		1	Article	X								
Immobilization of glucose oxidase onto the blend membrane of poly(vinyl alcohol) and regenerated silk fibroin: Morphology and application to glucose biosensor	Liu Y., Zhang X., Liu H., Yu T., Deng J.	1996	Journal of Biotechnology	46	2	19	Article	X								
Immobilization of hansenula polymorpha alcohol oxidase for alcohol biosensor applications	Chung H.-J., Cho H.-Y., Kong K.-H.	2009	Bulletin of the Korean Chemical Society	30	1	1	Article		X	enzimático	álcool oxidase (AOD)					
Improved alcohol biosensor based on ruthenium-dispersed carbon paste enzyme electrodes	Wang J., Romero E.G., Reviejo A.J.	1993	Journal of Electroanalytical Chemistry	353	1-2	23	Article		X					ruthenium-dispersed-graphite		
Improved selectivity of microbial biosensor using membrane coating. Application to the analysis of ethanol during fermentation	Tkac J., Vostiar I., Gorton L., Gemeiner P., Sturdik E.	2003	Biosensors and Bioelectronics	18	9	41	Article	X	X	microbiano	<i>Glucanobacter oxydans</i>	eletroquímico	amperométrico	GCE	2-270 µM	13
Industrial on-line monitoring of penicillin V, glucose and ethanol using a split-flow modified thermal biosensor	Rank M., Gram J., Danielsson B.	1993	Analytica Chimica Acta	281	3	27	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	calorimétrico	termistores enzimáticos			
Integrated biosensor systems for ethanol analysis	Alhadeff E.M., Salgado A.M., Cos O., Pereira Jr. N., Valero F., Valdman B.	2008	Applied Biochemistry and Biotechnology	146	1-3	6	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD) + horseradish peroxidase (HRP)		FIA/SIA		variável	
Investigation and evaluation of a method for determination of ethanol with the SIRE® Biosensor P100, using alcohol dehydrogenase as recognition element	Svensson K., Bulow L., Kriz D., Krook M.	2005	Biosensors and Bioelectronics	21	5	16	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	Pt	0-12,5 mM	50-240
Isolation and characterization of mutated alcohol oxidases from the yeast Hansenula polymorpha with decreased affinity toward substrates and their use as selective elements of an amperometric biosensor	Dmytruk K.V., Smutok O.V., Ryabova O.B., Gayda G.Z., Sibirny V.A., Schuhmann W., Gonchar M.V., Sibirny A.A.	2007	BMC Biotechnology	7		6	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	Pt		
Mediator-free amperometric glucose biosensor based on glucose oxidase entrapped in poly(vinyl alcohol) matrix	Guascito M.R., Chirizzi D., Malitesta C., Mazzotta E.	2011	Analyst	136	1	9	Article									
Microtubular conductometric biosensor for ethanol detection	Ajay A.K., Srivastava D.N.	2007	Biosensors and Bioelectronics	23	2	5	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	condutivimétrico	aniline electropolymerized on gold coated isoporous polycarbonate membrane	0,092-0,368 M	
Monitoring of ethanol during fermentation of a lignocellulose hydrolysate by on-line microdialysis sampling, column liquid chromatography, and an alcohol biosensor	Buttler T., Gorton L., Jarskog H., Marko-Varga G., Hahn-Hagerdal B., Meinander N., Olsson N.	1994	Biotechnology and Bioengineering	44	3	28	Article		X			eletroquímico	amperométrico			

SCOPUS - Your query: (TITLE(ethanol biosensor) OR TITLE(alcohol biosensor))
(até 09/10/2012)

Title	Authors	Year	Source title	Vol.	Issue	Cited by	Document Type	PDF	Etanol?	Elemento de reconhecimento	Tipo	Transdutor	Tipo	Eletrodo	Faixa	Tempo de resposta (s)
Monitoring of ethanol during fermentation using a microbial biosensor with enhanced selectivity	Tkac J, Vostiar I, Gemeiner P, Sturdik E.	2002	Bioelectrochemistry	56	1-2	25	Conference Paper	X	X	microbiano	<i>Glucanobacter oxydans</i>	eletroquímico	amperométrico	GCE	2-270 µM	13
New potentiometric microbial biosensor for ethanol determination in alcoholic beverages	Rotariu L., Bala C., Magearu V.	2004	Analytica Chimica Acta	513	1	25	Conference Paper	X	X	microbiano	yeast (<i>Saccharomyces ellipsoideus</i>)	eletroquímico	potenciométrico	* oxygen electrode (Pt)	0,05-5 mM	300-420
New type of ethanol microbial biosensor based on a highly sensitive amperometric oxygen electrode and yeast cells	Rotariu L., Bala C.	2003	Analytical Letters	36	11	5	Article	X	X	microbiano	yeast (<i>Saccharomyces ellipsoideus</i>)	eletroquímico	amperométrico	* oxygen electrode (Pt)	0,01-0,8 mM	300
On-line monitoring of methanol in n-hexane by an organic-phase alcohol biosensor	Wu X.J., Choi M.M.F., Chen C.S., Wu X.M.	2007	Biosensors and Bioelectronics	22	7	3	Article	X	metanol							
Optical sensors. Part 20. A fibre optic ethanol biosensor	Wolfbeis O.S., Posch H.E.	1988	Fresenius Zeitschrift fur Analytische Chemie	332	3	18		X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	fotométrico	fibra-ótica		50-500 mM	120
Ozone monitoring based on a biosensor concept utilizing a reagentless alcohol oxidase electrode	Stergiou D.V., Prodromidis M.I., Veltsistas P.G., Evmiridis N.P.	2006	Analytical Chemistry	78	13	7	Article	X								
Plant tissue-based chemiluminescence biosensor for ethanol	Huang Y., Wu F.	2006	Analytical Sciences	22	7	1	Article	X	X	tecido	vegetal (<i>Agaricus bisporus</i>) (cogumelo) (AOD)	fotométrico	luminescente		0,001-2 mM	
Poly(brilliant cresyl blue)-carbonnanotube modified electrodes for determination of NADH and fabrication of ethanol dehydrogenase-based biosensor	Yang D.-W., Liu H.-H.	2009	Biosensors and Bioelectronics	25	4	19	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	SWCNT/PBCB/GCE	0,4-2,4 mM	5 (p/ NADH)
Preparation and optimization of a bienzymic biosensor based on self-assembled monolayer modified gold electrode for alcohol and glucose detection	Asav E., Akyilmaz E.	2010	Biosensors and Bioelectronics	25	5	8	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	Au modified	1,0-10 mM	
Preparation of biomembrane by immobilizing enriched ammonia-oxidizing bacteria (AOB) in polyvinyl alcohol (PVA) for biosensor	Cui R., Li J., Zhang K., Han J.	2011	2011 International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, RSETE 2011 - Proceedings				Conference Paper									
Quinohemoprotein alcohol dehydrogenase-based reagentless amperometric biosensor for ethanol monitoring during wine fermentation	Niculescu M., Erichsen T., Sukharev V., Kerenyi Z., Csoregi E., Schuhmann W.	2002	Analytica Chimica Acta	463	1	51	Article	X	X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico	amperométrico	Graphite / SPCE	0-100 mM	
Rapid alcohol determination in plasma and urine by column liquid chromatography with biosensor detection	Liden H., Vijayakumar A.R., Gorton L., Marko-Varga G.	1998	Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis	17	6-7	37	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD) + horseradish peroxidase (HRP)	eletroquímico	amperométrico	CPE /Pt	0,03-2 mM	340
Real-Time Quantification of Methanol in Plants Using a Hybrid Alcohol Oxidase-Peroxidase Biosensor	Hasunuma T., Kuwabata S., Fukusaki E.-I., Koboyashi A.	2004	Analytical Chemistry	76	5	17	Article	X	metanol							
Self-gelatinizable graft copolymer of poly(vinyl alcohol) with 4-vinylpyridine as an immobilization matrix for the construction of a tyrosinase-based amperometric biosensor	Zhang J., Li B., Xu G., Cheng G., Dong S.	1999	Analyst	124	5	24	Article									

SCOPUS - Your query: (TITLE(ethanol biosensor) OR TITLE(alcohol biosensor))
(até 09/10/2012)

Title	Authors	Year	Source title	Vol.	Issue	Cited by	Document Type	PDF	Ethanol?	Elemento de reconhecimento	Tipo	Transdutor	Tipo	Eletrodo	Faixa	Tempo de resposta (s)
Statistical signal processing for an implantable ethanol biosensor.	Han J.J., Doerschuk P.C., Gelfand S.B., O'Connor S.J.	2006	Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference	1			Article		X							
Study of alcohol biosensor based on screen-printed carbon electrodes modified by gold nanoparticles	Chen Z., Guo X., Zhu S.	2009	Chinese Journal of Sensors and Actuators	22	12	1	Article		X	enzimático	álcool desidrogenase (ADH)	eletroquímico		SPCE + gold nanoparticles	1,0-10 mM	25
Ethanol amperometric biosensor based on an alcohol oxidase-graphite-polymer biocomposite	Morales A., Cespedes F., Martínez-Fabregas E., Alegret S.	1998	Electrochimica Acta	43	23	24	Article	X	X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	biocomposite (graphite powder+ epoxy resin+AOD)	10-630 mM	65
The procedure of ethanol determination in wine by enzyme amperometric biosensor	Goriushkina T.B., Orlova A.P., Veryk G.M., Soldatkin A.P., Dzyadevych S.V.	2009	Biopolymers and Cell	25	4		Article		X	enzimático	álcool oxidase (AOD)	eletroquímico	amperométrico	platinum printed		

ECL :
electrogenated
chemiluminescence

SPCE : screen-printed carbon electrode
CPE : carbon paste electrode
ITO : indium tin oxide
GCE : glassy carbon electrode
MWCNT : multi-wall carbon nanotubes
GNPs : gold nanoparticles
CNT : carbon nanotube
CNTP : carbon nanotube paste
EDP : electrodeposition paint
MB : Meldola Blue
TB : toluidine blue
SPCE : screen-printed platinum electrode
OMC : ordered mesoporous carbon composite
PVA : poly(vinyl alcohol)
CACNT : carminic acid functionalized MWCNT
PNR : poly(neutral red)
CFME : carbon fiber microelectrode
TBO : toluidine blue O
BSA : glutaraldehyde/bovine serum albumin
PDDA : poly(diallyldimethylammonium-chloride)
PSS : polystyrenesulphonate
SWCNT : single walled-carbon nanotube
PBCB : poly brilliant cresyl blue

APÊNDICE II - Listagem de patentes encontradas com a estratégia escolhida

Derwent (Web of Knowledge) - Your query: (TITLE(ethanol biosensor) OR TITLE(alcohol biosensor))
(até 09/10/2012)

Title (TI)	Patent Number (PN)	Inventor (AI)	Assignee Name + Code (AE)	Derwent Primary Accession Number (GA)	Patent Details (PD)	Ethanol?	País do primeiro depósito prioritário	Ano do depósito prioritário	Elemento de reconhecimento	eletrodo	Transdutor	Faixa	Uso:
Amperometric biosensor, e.g. for ethanol in clinical samples, includes carbon paste electrode and is based on Meidola blue	BR200205463-A	KUBOTAL T; DA SANTANA SANTOSA; FREIRE R S	UNICAMP UNIV ESTADUAL CAMPINAS (UNIC-Non-standard)	2005-223646	BR200205463-A 200524	S	Brasil	2002	ADH	carbono	amperométrico		Medição de etanol em amostras clínicas
An enzymatic biosensor used for determining the quantity of glucose, cholesterol, lactic acid, fructose, sucrose, alcohol and/or ascorbic acid in samples e.g. blood and urine	EP1369687-A1; US2004020777-A1; JP2004061496-A; CN1467496-A	MIYAMOTO Y; YAMAMOTO T; HASEGAWA M; YOSHIOKA T	MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (MATI); MIYAMOTO Y (MIYA-Individual); YAMAMOTO T (YAMA-Individual); HASEGAWA M (HASE-Individual); YOSHIOKA T (YOSH-Individual); MATSUSHITA DENKI SANGYO KK (MATI)	2004-216118	EP1369687-A1 200421; US2004020777-A1 200421; JP2004061496-A 200421; CN1467496-A 200423	S	Japão	2002	enzimático				Determinação de glicose, colesterol, ácido láctico, frutose, sacarose, álcool e ácido ascórbico em amostras de sangue e urina
Biosensor for analyzing e.g. alcohol, glutamic acid, and pyruvic acid, comprises an insulation substrate with an electrode pattern on a base portion and an adhesive layer with a sample conveyance path on a cover portion	WO2005010519-A1; JP2005233917-A; EP1650560-A1; NO200600382-A; CN1856703-A; JP2007093613-A; IN200600313-P4; JP4036384-B2; JP4038575-B2; US2007000776-A1	KARUBE I; GOTO M; NAKAMURA H; KARUBE M; GOTOH M	NAT INST ADVANCED IND SCI & TECHNOLOGY (NIIT); DOKURITSU GYOSEI HOJIN SANGYO GIJUTSU SO (NIIT); NAT INST ADVANCED IND SCI (NIIT)	2005-152268	WO2005010519-A1 200516; JP2005233917-A 200558; EP1650560-A1 200628; NO200600382-A 200649; CN1856703-A 200720; JP4036384-B2 200809; US2007000776-A1 200818	S	Japão	2003					Análise de componentes como álcool, ácido glutâmico, ácido pirúvico, glicose no sangue e urina, glicohemoglobina, ácido láctico, colesterol, ácido úrico; diagnóstico de genes, medida de pH e análise de DNA
Biosensor for detecting alcohol concentration in human saliva comprises polyvinyl chloride substrate, interdigitated carbon electrodes, interdigitated carbon electrode wire lead, insulating protecting layer, and reacting area	CN101566637-A	CHEN Z; GUO X; LIU K; WANG D	UNIV ZHEJIANG (UZYH)	2009-Q97516	CN101566637-A 200977	S	China	2009	ADH	carbono			Detecção de álcool na saliva
Biosensor for detecting alcohol metabolism by expiration, comprises carbon electrode and silver chloride electrode laminated on upper and lower surfaces of strip shaped porous structure, sensor sensitive region having alcohol oxidase	JP2004257899-A	MITSUHAYASHI K; MATSUNAGA H	UNIV TOKAI GH (UTOK)	2004-664911	JP2004257899-A 200465	S	Japão	2003	AOD	AgCl + carbono			Detecção de álcool na expiração
Biosensor for detecting cell activity related to ethanol, lactic acid, carbon dioxide, oxygen, glucose and amino acids	WO200167084-A; WO200167084-A1; AU200141072-A; JP2001566006-X	NISHIGUCHI M; ONOUCHI T; NIWA K; MATSUE T	MATSUSHITA SEIKO KK (MATK)	2001-602635	WO200167084-A; WO200167084-A1 200168; AU200141072-A 200204	S	Japão	2000					Determinação da atividade celular relacionada a etanol, ácido láctico, dióxido de
Biosensor for determining concentration of analyte e.g. alcohol in biological fluid e.g. blood, has processor that determines analyte concentration based on calibrated correlation equation obtained from circuit patterns	WO2009014890-A1; US2009030617-A1; TW200909809-A; EP2171439-A1; CA2694116-A1; MX2010000865-A1; CN101802598-A; IN201000103-P1; JP2010534340-W; US8206564-B2; RU2010106063-A	PERRY J; SCHELL R; PERRY J E; SCHELL R D; SHELL R; PERRY Y	BAVER HEALTHCARE LLC (PARB); SCHELL R D (SCHE-Individual); PERRY J E (PERR-Individual)	2009-E42358	WO2009014890-A1 200914; US2009030617-A1 200914; TW200909809-A 200970; EP2171439-A1 201024; MX2010000865-A1 201032; CN101802598-A 201058; JP2010534340-W 201072; US8206564-B2 201242; RU2010106063-A 201245	S	EUA	2007					Detecção de álcool, glicose, ácido úrico, lactato, bilirrubina em fluidos biológicos como sangue, urina e saliva
Biosensor system as alcohol sensor for detecting substrate, e.g. ethanol of dehydrogenase using oxidized form of NAD or NADP as coenzyme, has optical fiber probe, UV ray light emitting diode, and detector for detecting fluorescence	JP2009168671-A	KUDO H; MIBAYASHI K; SAWAI M; MITSUHAYASHI K	UNIV TOKYO (UYTY); CHHO DOKURITSU GYOSEI HOJIN TOKYO TORITSU SANGYO GIJUTSU KE (CHH-Non-standard)	2009-M09034	JP2009168671-A 200951	S	Japão	2008	ADH		fotométrico (fibra-ótica)		Detecção de etanol em processos fermentativos de produção de bebidas
Biosensor used for alcohol meter, glutamic acid meter, forms cover by folding adhesive tape to substrate surface side at electrically insulating board-end portion	JP2007205988-A; JP4649594-B2	NAKAMURA H; GOTO M; KARUBE M	DOKURITSU GYOSEI HOJIN SANGYO GIJUTSU SO (NIIT)	2007-780822	JP2007205988-A 200773; JP4649594-B2 201118	S	Japão	2006					Detecção de álcool, ácido glutâmico, ácido pirúvico, pH, glicose no sangue, glicose na urina, glicohemoglobina, ácido láctico, colesterol, ácido úrico; refractômetro de proteínas, sensor de polimorfismo nucleotídico, único e fluorescente de genes
Biosensor useful in non-electrochemical detection comprises a substrate having on its surface linear polysaccharide or polysaccharide with primary alcohol that immobilizes physiologically active substances	EP1783493-A1; US2007117152-A1; JP2007132670-A; JP2007132669-A	KURUMA K; EZOE T	FUJII FILM CORP (FUJF); FUJII FILM CO LTD (FUJF)	2007-547562	EP1783493-A1 200754; US2007117152-A1 200754; JP2007132670-A 200754	N							
Core-shell-type Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT)/polyvinyl alcohol (PVA) fiber composite film prepared by dissolving PVA in water and adding sodium dodecyl sulfate to make aqueous solution, used in the field of biosensor	CN101586289-A; CN101586289-B	FENG W; HOU W; XU Q	UNIV TIANJIN (UTIJ)	2009-S02764	CN101586289-A 201001; CN101586289-B 201113	N							
Detector for detecting blood alcohol consistency of human peripheral blood in e.g. clinical laboratory, has alcohol sensor e.g. ethanol dehydrogenase disposable biosensor, and signal processing circuit with single chip as core	CN201047840-Y	XIE G; XIONG X; LUO P; WANG J; LIU C; ZOU C; ZHOU M	XIE G (XIEG-Individual)	2008-J52890	CN201047840-Y 200856	S	China	2007	ADH				Detecção da consistência de álcool no sangue humano periférico
Device for determining e.g. glucose, ethanol comprises measuring cuvette and biosensor system including two additional oxygen electrodes, on one of which immobilized microorganism Pichia angusta and on other Saccharomyces bayanus are placed	RU98414-U1	ALFEROV V A; ARLYAPOV V A; PONAMOREVA O N; RESHETILOV A N	UNIV TULA (UYTU-Soviet Institute)	2011-J7888	RU98414-U1 201152	S	Rússia	2010	Microbiano	p/ oxigênio			Instrumento para detecção de glicose, frutose, metanol e etanol
Device for determining ethanol in blood, comprises measuring current generated in sweat, comprising cell with measuring solution, biosensor, auxiliary and reference electrodes and ethanol-permeable membrane	WO2006070027-A1; ES2255861-A1; ES2255861-B1; EP1873528-A1	PINGARRON CARRAZON J M; REVIEJO GARCIA A J; RODRIGUEZ GOROSTIZA F; HERNANDEZ FERNANDEZ J; MUNOZ PASCUAL F J; IBANEZ LOPEZ J D; MARTIN GARZOL A	INTECSA-INARSA SA (INTE-Non-standard); INTECSA-INARSA SA (INTE-Non-standard)	2006-513068	WO2006070027-A1 200652; ES2255861-A1 200652; ES2255861-B1 200774; EP1873528-A1 200805	S	Espanha	2004		Ag/AgCl + grafite-Teflon + platina	amperométrico	0,5-60mg/L	Determinação direta de etanol no sangue
Device useful in biotechnological process for measuring content of ethyl alcohol in enzymatic medium containing acetic acid, contain cuvette with magnetic mixer, biosensor, Clark electrode and bioreceptor	RU98190-U1	KITOVA A E; RESHETILOV A N	BIOCHEMISTRY & PHYSIOLOGY MICROORGANISM (BIOC-Soviet Institute)	2011-J41967	RU98190-U1 201150	S	Rússia	2010	Microbiano				Em processos biotecnológicos de obtenção de ácido acético na detecção de álcool etílico na presença de ácido acético

APÊNDICE II - Listagem de patentes encontradas com a estratégia escolhida

Derwent (Web of Knowledge) - Your query: ((TITLE(ethanol biosensor) OR TITLE(alcohol biosensor)) (até 09/10/2012))

Title (TI)	Patent Number (PN)	Inventor (AI)	Assignee Name + Code (AE)	Derwent Primary Accession Number (GA)	Patent Details (PD)	Ethanol?	País do primeiro depósito prioritário	Ano de depósito prioritário	Elemento de reconhecimento	eletrodo	Transdutor	Faixa	Uso:
Enzyme fixed biosensor detects and measures presence of aldehyde compound or alcohol compound, by oxidation current value of hydrogen peroxide or its change	JP2007139729-A; JP4785505-B2	YOSHIDA Y; SHOJIT; KUMAR S	JAPAN SCITECHNOLOGY AGENCY (JSTA); UNIV TOYO (TODA-Non-standard); ZH SATTAMAKEN CHUSHO KIGYO SHINKO KOSHA (SAIT-Non-standard)	2007-616314	JP2007139729-A 200759; JP4785505-B2 201165	S	Japão	2005	AOD	p/ peróxido de hidrogênio			Deteção de compostos de aldeídos e de álcool
Forming agarose-based porous 3-dimensional supporter used in e.g. biosensor involves injecting agarose and silk fibroin biomaterial into molding frame; pressure-molding; removing water; cooling; fixing with ethanol; and freeze-drying	KR2012040497-A	PARK S W; KANG S W; KWON H Y; GOO T W; KIM S R; JO Y Y; LEE K G	RURAL DEV ADMINISTRATION (RURA)	2012-F37280	KR2012040497-A 201240	N							
IMPROVING THE PERFORMANCE OF SIMULTANEOUS METHANOL AND ETHANOL ANALYSIS IN MIXTURES WITHOUT ANALYTES SEPARATION, BY USING A BIOSENSOR BASED ON ALCOHOL OXIDASE EXTRACTED FROM HANSENULA POLYMORPHA	RO125232-A2	BUCUR B; BUCUR M P; RADU G L; RADULESCU C	INST NAT CERC-DEZVOLTARE STINTE BIOLOGI (NADE-Non-standard)	2010-j60104	RO125232-A2 201050	S	Romênia	2008	AOD		amperométrico		Monitoração simultânea de metanol e etanol para detectar bebidas alcoólicas adulteradas
Manufacture of metal nanoparticles, e.g. for biosensor involves preparing solution by adding polymer surfactant in alcohol solvent, heating, forming metal seed by adding metal salt of platinum, and adding another metal salt	US2010072434-A1; JP2010077526-A; KR2010034999-A; CN101683693-A; KR1127056-B1; US8158031-B2	JUNG J; KIM D; LEE K; SEO D; SONG H; JEONG J; LEE G; JUNG J U; KIM D H; LEE K J; SEO T H; SONG H J; JONG L G; JIN S H; HA S D; UK J J; HUN K D	SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO (SMSU); SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD (SMSU)	2010-031580	US2010072434-A1 201024; JP2010077526-A 201024; KR2010034999-A 201026; CN101683693-A 201028; KR1127056-B1 201224; US8158031-B2 201226	N							
New biosensor comprising a bioluminescent bacteria immobilized in a polyvinyl alcohol thin film and retaining luminescent properties, useful for detecting toxicants such as pollutants or toxicants in aqueous effluents	WO200132911-A; WO200132911-A2; AU200111551-A; GB2373513-A; GB2373513-B; WO200132911-A3	PHILIP J C; PHILIP J C	UNIV NAPIER (UYNA-Non-standard)	2001-367383	WO200132911-A; WO200132911-A2 200138; AU200111551-A 200149; GB2373513-A 200263; WO200132911-A3 201203	N							
One-off biosensor for detecting serum ethanol concentration	CN1987474-A; CN1987474-B	XIE G; DENG S; LI Q; LUO P	UNIV CHONGQING MEDICAL (UYCQ)	2008-800495	CN1987474-A 200807; CN1987474-B 201234	S	China	2006	ADH	Carbano / prata + prata			Deteção de etanol no soro
Preparation of biosensor used in DNA detection, by modifying silicon nanowire by washing with ethyl alcohol and deionized water; heating, soaking wafer in gold nanoparticle solution, washing, drying, and connecting lead to wafer	CN102072931-A	ZHANG J; CHEN X; HUI S; XU H	UNIV EAST-CHINA NORMAL (UYEC)	2011-H51995	CN102072931-A 201154	N							dna detection
Preparation of carbon nanofiber electrochemical biosensor for detecting alcohol content in blood, by dripping alcohol dehydrogenase on glassy carbon electrode, and dripping carboxylated carbon nanofiber solution on glassy carbon electrode	CN101634641-A	DING G; HUANG Q; LI Q; LIU F; WANG J; WANG T	TIANJIN PUBLIC SECURITY BUREAU (TIAN-Non-standard)	2010-856462	CN101634641-A 201013	S	China	2009	ADH	CNF	eletroquímico		Método de preparação do um biosensor eletroquímico de CNF para detecção etanol no sangue
Preparation of ethanol biosensor nuclear micropore enzyme membrane for on-line ethanol monitoring involves dissolving soluble starch in glutaric dialdehyde solution, heating, stirring, and mixing with sodium alginate solution	CN101294156-A; CN101294156-B	PANG G; GAO Y; LI J; MAX; FU J; GAO Z	UNIV TIANJIN COMML (UTIJ); UNIV TIANJIN COMMERCE (UTIJ)	2009-B37169	CN101294156-A 200915; CN101294156-B 201058	S	China	2008	enzimático				Método de preparação de um biosensor com membrana microporosa enzimática para monitoramento online de etanol
Preparation of molecular engram biosensor for fast detection of penicillin on field involves mixing function monomer, cross-linking agent, solvent and catalyst, and adding mixing methyl alcohol solution with target molecule	CN101762630-A	LI L; LI M; ZHANG J; ZHANG Z	UNIV TIANJIN SCI & TECHNOLOGY (UTIJ)	2010-K06439	CN101762630-A 201058	N							penicilina
Preparation of polyvinyl alcohol immobilized microorganism particle for biosensor, involves mixing polyvinyl alcohol and sodium alginate in water, mixing with iron oxide, and adding calcium chloride in boric acid solution	CN102260663-A	MAO Y; WANG J	UNIV QINGHUA (UYQI)	2011-Q44668	CN102260663-A 201202	N							oxygen demand biosensor
Producing alcohol dehydrogenase fused to glutathione-s-transferase useful for the manufacture of a biosensor for measuring alcohol	KR2003040888-A; KR436077-B	KONG G H	EMBIOTECH CO LTD (EMBI-Non-standard); KONG G H (KONG-Individual)	2004-078094	KR2003040888-A 200408; KR436077-B 200468	S	Coreia do Sul	2001	ADH, glutathione-S-transferase				Medição de álcool
Simple, quick and accurate determination of substrate e.g. amino-acids and alcohol in various samples like blood, urine, food and environmental materials based on enzyme reaction with detection of produced formazane with biosensor	WO200057166-A; EP1164370-A; WO200057166-A1; AU9928538-A; EP1164370-A1; JP2000606991-X; KR2002011368-A; JP3403390-B2; US6720164-B1; EP1164370-B1; DE69919224-E; DE69919224-T2; KR490762-B; AU758153-B; ES2224614-T3	SHINOZUKA N; YOKOYAMA T; NAKAMURA K	SAPPORO IMMUNO DIAGNOSTIC LAB (SAPP-Non-standard)	2000-602240	WO200057166-A; WO200057166-A1 200057; AU9928538-A 200103; KR2002011368-A 200255; DE69919224-E 200459	S	Austrália, Alemanha, EP, Japão, WO	1999	enzimático				Determinação de substratos como aminoácidos e álcool em diversas amostras como sangue, urina, alimentos e materiais ambientais