

# Biotecnologias

SÉRIE OCUPAÇÕES EMERGENTES



Modelo SENAI de Prospecção

# Biotechnologias

**Confederação Nacional da Indústria – CNI e Conselho Nacional do SENAI**

*Armando de Queiroz Monteiro Neto*  
Presidente

**SENAI – Departamento Nacional**

*José Manuel de Aguiar Martins*  
Diretor-Geral

*Regina Maria de Fátima Torres*  
Diretora de Operações

**CNI**  
**SENAI**

Confederação Nacional da Indústria  
*Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial*  
Departamento Nacional

# Biotecnologias

nº 2

SÉRIE OCUPAÇÕES EMERGENTES



Modelo SENAI de Prospecção

Brasília  
2004

© 2004. SENAI – Departamento Nacional

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

SENAI/DN

**GETEP – Unidade de Gestão Tendências e Prospecção**

### Ficha Catalográfica

---

S491m

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Departamento Nacional.  
**Biotecnologia.** Brasília : SENAI / DN, 2004.

54 p. : il. ; 29 cm. (Série Ocupações Emergentes, 2)

ISBN 85-7519-113-6

1 . Ciências Biológicas. 2. Biotecnologia. I Título

CDU 57

---

**SENAI**

*Serviço Nacional de  
Aprendizagem Industrial  
Departamento Nacional*

**Sede**

*Setor Bancário Norte  
Quadra 1 – Bloco C  
Edifício Roberto Simonsen  
70040-903 – Brasília – DF  
Tel.: (61) 317-9000  
Fax: (61) 317-9190  
<http://www.senai.br>*



# Sumário

Apresentação

<b>1</b>	Introdução	9
<b>2</b>	Bioteχνologias – Breve histórico e conceitos	11
<b>3</b>	Bioteχνologias – Um conjunto de Tecnologias	15
<b>4</b>	Aplicações Setoriais	25
4.1	Bioteχνologias no Setor de Meio Ambiente	25
4.2	Bioteχνologias no Setor de Saúde	27
4.3	Bioteχνologias no Setor Alimentício	30
<b>5</b>	Bioteχνologias e Trabalho	33
5.1	Ocupações em Bioteχνologias	38
<b>6</b>	Conclusões	51
	Referências	53



# Apresentação

Dando continuidade à divulgação da Série Ocupações Emergentes, temos a satisfação de disponibilizar o estudo sobre Biotecnologias, cujo foco se concentra no desenvolvimento dessa área de conhecimento científico e tecnológico.

O termo "biotecnologia" envolve o desenvolvimento de produtos através de processos biológicos que podem incluir a utilização de organismos como bactérias e leveduras ou substâncias naturais, tais como enzimas. Quando usado no plural tem-se maior compreensão de seu significado, porque "biotecnologias" envolvem uma coleção de tecnologias que maximizam o potencial de células e moléculas biológicas, como DNA e proteínas.

O estudo se concentra na exploração da origem, conceitos, aplicações, tecnologias, impactos e atuais desenvolvimentos em biotecnologia. Tem o objetivo de contribuir para a compreensão das biotecnologias e seus impactos no mercado de trabalho como aspectos fundamentais para apoiar estratégias de desenvolvimento de recursos humanos especificamente em relação a novas ocupações.

*José Manuel de Aguiar Martins*  
Diretor-Geral





# 1 Introdução

O progresso de determinadas tecnologias contribui para seu posicionamento no centro das atenções mundiais. Durante os últimos anos, este espaço vem sendo ocupado pelas biotecnologias. Continuamente expandindo e marcando presença, estas tecnologias desempenham um importante papel no cotidiano desde os tempos mais remotos. Processos biotecnológicos que utilizam microorganismos são empregados, há cerca de pelo menos seis mil anos, na fabricação e preservação de bebidas e laticínios. Atualmente industrializados, estes processos conformam parte das biotecnologias tradicionais.

A descoberta da estrutura das moléculas de DNA, nos anos 50, permitiu desvendar a forma através da qual informações genéticas são codificadas e transmitidas e incentivou outros desenvolvimentos na área de biologia molecular. Entre estes desenvolvimentos, tecnologias que utilizam células vivas para alterar a informação genética em vegetais e animais consolidaram as atuais biotecnologias.

Estruturada a partir dos termos "bio", cuja origem grega significa vida, e "tecnologias", que se refere ao estudo de técnicas, materiais, instrumentos e máquinas, "biotecnologias" são um conjunto de tecnologias desenvolvidas a partir de pesquisa básica e aplicadas a outras pesquisas e ao desenvolvimento de produtos. Especificamente, as biotecnologias envolvem a utilização de processos biológicos na fabricação de produtos ou em serviços relacionados a diversos setores econômicos.

Os atuais desenvolvimentos em biotecnologia compreendem, entre outros, a manufatura de produtos através da utilização de organismos vivos, tais como bactérias e leveduras ou substâncias naturais, como enzimas. Contribuindo em vários setores econômicos, principalmente nos de saúde, alimentos e meio ambiente, estes desenvolvimentos vêm aprimorando a qualidade de vida em geral.

No setor de saúde, as biotecnologias continuamente representam um importante papel na descoberta de medicamentos, ampliando as possibilidades de prevenir,

tratar e curar doenças por meio de novos métodos de diagnóstico e terapias. Muitos medicamentos, vacinas e produtos para diagnósticos, fabricados a partir de biotecnologias, já são comercializados ou encontram-se em fase de testes. Terapias baseadas em biotecnologias e ainda em desenvolvimento, como a terapia genética, são uma esperança para o tratamento de diversas doenças.

Aplicadas ao meio ambiente, as biotecnologias permitem assegurar um futuro melhor para novas gerações. Representam uma importante alternativa para determinados processos químicos industriais e contribuem principalmente para reduzir a poluição, o consumo de energia, de água e de matérias-primas.

No setor alimentício, resultados da aplicação de biotecnologias não são menos surpreendentes. Entre outros exemplos, produtos cultivados a partir de processos biológicos têm suas propriedades nutritivas aprimoradas e são mais resistentes à seca, infestações e doenças. Estes produtos vêm desempenhando um importante papel na alimentação de populações de países em desenvolvimento.

Em linhas gerais, os impactos das biotecnologias têm sido consideráveis, de forma que já se admite sua contribuição para o desenvolvimento industrial sustentável. Considera-se uma transição econômica para a denominada bioeconomia, em que o uso de biorrecursos renováveis em bioprocessos de alta eficiência aplicados a clusters ecoindustriais para produzir bioprodutos contribui para a geração de emprego e renda<sup>1</sup>.

Neste contexto, o sucesso de novos empreendimentos depende diretamente da capacidade de prover, atrair e reter recursos humanos com qualificações adequadas. Compreender as biotecnologias e seus impactos no mercado de trabalho é aspecto fundamental para apoiar estratégias de desenvolvimento de recursos humanos. Este documento tem como objetivo contribuir para elucidar estes aspectos, através de uma análise desta nova área e de sua contribuição para o mercado de trabalho, especificamente em relação a novas ocupações.

---

<sup>1</sup>Ver OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development.

## 2 Biotecnologias – Breve Histórico e Conceito

Um dos grandes desafios em termos de biotecnologias compreende a conformação de uma simples definição que possa englobar todas as suas atividades. Como as biotecnologias se aplicam a diversos setores e são associadas a diferentes tecnologias, relacionam-se a diversos conceitos, bastante específicos a cada contexto. Por exemplo, no setor de saúde, referem-se à engenharia genética, genômica e proteômica. No setor de alimentos, compreendem a modificação genética, e no setor de meio ambiente, envolvem, entre outras tecnologias, a biorremediação, para o tratamento de solos contaminados.

O Comitê Consultivo Canadense de Biotecnologia (Canadian Biotechnology Advisory Committee - CBAC) define biotecnologia como "Um campo de conhecimento sobre os organismos vivos e suas partes cujas aplicações resultam no desenvolvimento de produtos e no direcionamento de processos com propósitos sociais, científicos ou econômicos". Um conceito mais amplo compreende a utilização de células e substâncias derivadas de organismos vivos para desenvolver e manufaturar produtos com o objetivo de aprimorar a saúde humana e animal, a agricultura e o meio ambiente.

Mais precisamente, o termo biotecnologia envolve o desenvolvimento de produtos através de processos biológicos que podem incluir a utilização de organismos, como bactérias e leveduras ou substâncias naturais, tais como enzimas. Quando usado no plural, tem-se maior compreensão de seu significado, porque "biotecnologias" envolvem uma coleção de tecnologias que maximizam o potencial de células e moléculas biológicas, como DNA e proteínas.

Desde os tempos mais remotos utilizam-se biotecnologias. Células mais simples, ou microorganismos, eram aplicadas, há cerca de seis mil anos, a processos de fermentação para a fabricação de alimentos, como pão, queijo e bebidas alcoólicas. Estes processos de fabricação, atualmente industrializados, conformam parte das biotecnologias tradicionais.

As biotecnologias modernas têm sua origem nos anos 50, com a descoberta das moléculas de DNA. A partir desta descoberta, foram empreendidas diversas pesquisas para compreender o funcionamento dos genes. Formados por cadeias de DNA envolvidos em cromossomas, os genes estão presentes em quase todas as células animais ou vegetais e expressam seqüências de código que direcionam células específicas para a produção de proteínas com funções particulares.

Nos anos 70, o desenvolvimento de pesquisas em genética originou um novo marco na história das atuais biotecnologias: a manipulação genética. Esta tecnologia consiste na retirada, com a utilização de enzimas, de um gene específico da cadeia de DNA e em sua posterior replicação. A replicação é realizada através da inserção deste gene no DNA de bactérias. Quando há sucesso neste procedimento, o novo gene, inserido no organismo hospedeiro, produz a mesma proteína que produzia no organismo doador. Várias formas de inserir cópias de genes isolados em diferentes bactérias, vegetais ou animais, foram desenvolvidas. Isto permitiu identificar estruturas complexas de vírus e, pela primeira vez, sintetizar o hormônio do crescimento humano.

Outro marco na história das atuais biotecnologias ocorreu no início dos anos 80. Nesta época, as biotecnologias romperam os limites do campo científico através da difusão das tecnologias de cultura in vitro de células, tecidos e anticorpos monoclonais e da recombinação de DNA. A indústria farmacêutica passou a empregar estas tecnologias na fabricação de produtos para o diagnóstico, prevenção e tratamento de doenças.

A recombinação de DNA originou vários produtos importantes no decorrer da década de 80. Entre estes produtos, destacam-se diversos marcadores genéticos para doenças hereditárias, a primeira vacina contra hepatite B e o primeiro medicamento para tratamento do câncer, o interferon. Na agricultura, plantas transgênicas, resistentes a infestações de insetos, vírus e bactérias e com sabor e com maior valor nutritivo, começaram a ser desenvolvidas e testadas.

Os anos 90 foram marcados pelo aprimoramento da manipulação genética de vegetais e animais. Este aprimoramento permitiu mobilizar características através

de espécies e tornou possível, pela primeira vez, movimentar genes entre espécies e até mesmo entre reinos<sup>2</sup> distantes. Isto contribuiu para aumentar o poder e o campo de aplicações de biotecnologias, consolidando o posicionamento desta área no centro das atenções mundiais.

Atualmente, as biotecnologias possuem aplicações diversas e vêm contribuindo para aprimorar a qualidade de vida em geral. Os impactos de sua utilização atingem diferentes setores econômicos, mas são sobretudo mais concentrados nos de alimentos, saúde e meio ambiente.

No setor alimentício, as biotecnologias beneficiam a qualidade e a segurança de alimentos. Em fases de cultivo, contribuem para prevenir e tratar doenças e infestações, reduzindo ou até mesmo eliminando a utilização de pesticidas químicos. Aplicadas à produção de alimentos, permitem aumentar seu valor nutritivo e realçar seu sabor, bem como aprimorar processos de fabricação. Novas pesquisas estão explorando processos metabólicos naturais que afetam o frescor de alimentos e desenvolvendo métodos para aumentar o teor de vitaminas, identificar e combater agentes contaminantes.

Como resultado de sua utilização no setor alimentício, as biotecnologias vêm contribuindo para grandes benefícios de ordem econômica, tais como redução de custos de cultivo e de colheita. Num futuro próximo, estima-se que poderão responder a grandes desafios de ordem social, contribuindo para combater a fome e a má nutrição.

Aplicadas ao setor de saúde, as biotecnologias vêm representando um importante papel na ampliação das possibilidades de prevenção, tratamento e cura de doenças. Diagnósticos realizados com o uso de biotecnologias são mais precisos e menos intrusivos, provendo informações confiáveis sobre estágios de desenvolvimento de doenças e indicando quando são necessárias mudanças de medicamentos.

---

<sup>1</sup> A moderna taxonomia de organização dos organismos, conforme relações naturais, compreende: espécie, gênero, família, ordem, classe, filo e reino. Por exemplo, a espécie *Canis familiaris*, conhecida como cão, pertence ao gênero *canis*, família *canidae*, ordem dos carnívoros, classe dos mamíferos e filo cordata do reino animal.

Novas formas de tratamento utilizam recursos do próprio corpo humano para combater doenças e traumas. Customizados aos pacientes, estes tratamentos são mais rápidos e eficazes.

Particularmente na área de medicamentos, estima-se que novas descobertas permitirão oferecer drogas mais específicas para tratar diferentes variedades de doenças comuns e raras, reduzindo as ocorrências de efeitos colaterais em pacientes. Atualmente, derivados de processos biotecnológicos, como proteínas, anticorpos e enzimas, são utilizados em terapias ou encontram-se em fase de testes.

Futuras aplicações de biotecnologias ao setor de saúde prometem revolucionar a medicina. Ainda em estudo ou em fase de pesquisas em animais, permitirão recompor tecidos e órgãos humanos, curar doenças através da substituição de genes defeituosos e modificar radicalmente as formas como os medicamentos são distribuídos no corpo humano, aumentando sua eficiência e eficácia.

Aplicadas ao setor de meio ambiente, as biotecnologias desempenham o importante papel de contribuir para um mundo melhor para futuras gerações. Entre alguns exemplos de suas aplicações, destacam-se as tecnologias limpas. Definidas como uma abordagem conceitual e procedural que se aplica a todas as fases do ciclo de vida de produtos e processos, estas tecnologias reduzem o potencial de risco de processos e produtos industriais. Representam uma mudança radical nas ações em relação ao meio ambiente, que abandona estratégias de remediação e direciona-se à prevenção da degradação do meio ambiente.

Outras importantes aplicações das biotecnologias ao setor de meio ambiente concentram-se em formas de reduzir o consumo de energia. Ainda em desenvolvimento, combustíveis alternativos, tais como o biodiesel e o bioetanol, deverão transformar sistemas intensivos em consumo de energia e altamente poluentes em sistemas mais compatíveis com a preservação do meio ambiente.

# 3 Biotecnologias – Um Conjunto de Tecnologias

Principalmente ao longo das duas últimas décadas, novas descobertas impulsionaram os conhecimentos em biotecnologia. Como resultado, as biotecnologias modernas passaram a conformar um conjunto de sofisticadas tecnologias, principalmente baseadas na microbiologia, química e biologia celular. A seguir, apresenta-se um conjunto das principais biotecnologias e suas aplicações.

## Anticorpos Monoclonais

O sistema imunológico reconhece e combate todas as substâncias estranhas ao organismo, como vírus, bactérias e outros agentes causadores de doenças, que são denominados antígenos. Para combater estes antígenos, o sistema imunológico utiliza anticorpos, que são moléculas de proteínas produzidas no sistema sanguíneo. Os anticorpos buscam e se unem aos antígenos, ativando mecanismos adicionais do sistema imunológico que neutralizam e eliminam os recém-unidos anticorpos-antígenos. Este processo é conhecido como resposta imunológica.

Para reagir aos antígenos, o sistema imunológico produz diferentes tipos de anticorpos. Cada anticorpo é especificamente gerado para reconhecer e combater um determinado antígeno. Alguns anticorpos, quando ativados, conferem resistência contínua contra determinadas doenças, tornando possível sua utilização na produção de vacinas. Em conjunto, estas características de especificidade e de capacidade de prevenção contribuem para que os anticorpos sejam essenciais ao diagnóstico e à proteção contra doenças.

A tecnologia de anticorpos monoclonais permite produzir, em laboratório, uma grande quantidade de anticorpos. Esta tecnologia utiliza células do sistema imunológico, que fabricam anticorpos. Consiste na união de duas células com



capacidades diferentes: a primeira fabrica um determinado anticorpo e a segunda possui a capacidade de se multiplicar continuamente. Desta união se desenvolve uma forma híbrida, denominada hibridoma, que tem a capacidade de produzir anticorpos continuamente. Como provém de uma única célula, o hibridoma, estes anticorpos são denominados monoclonais.

Devido à sua especificidade, que faz com que se direcionem a alvos determinados, os anticorpos monoclonais são ferramentas poderosas para localizar e medir, com grande precisão, substâncias em pequenas quantidades. Por exemplo, são utilizados para distinguir células doentes de células normais e localizar elementos que causam poluição ambiental. Podem também detectar microorganismos responsáveis por danos em alimentos e diagnosticar, de forma mais rápida e precisa, doenças infecciosas em seres humanos, animais e vegetais.

Ao contrário de outros anticorpos, que são derivados de preparações contendo vários tipos de células, os anticorpos monoclonais são considerados puros. Desta forma, são mais eficazes no tratamento de doenças porque não atacam células saudáveis e também não produzem efeitos colaterais. Certos tipos de anticorpos monoclonais vêm sendo utilizados no tratamento de algumas modalidades de câncer.

Os anticorpos monoclonais representam uma nova perspectiva para terapias com anticorpos e muitos outros produtos vêm sendo desenvolvidos. Atualmente, compreendem cerca de um quarto de todos os produtos derivados de biotecnologias que se encontram em fase de desenvolvimento. A grande maioria destina-se à aplicação em terapias para o tratamento de rejeição de transplantes, câncer e doenças infecciosas e que atacam o sistema imunológico.

## **Cultura de Células**

A cultura de células compreende o desenvolvimento de células fora de organismos vivos, através do suprimento de nutrientes e de outros fatores necessários à sua sobrevivência e ao seu crescimento. Aplica-se tanto ao reino animal quanto ao

vegetal e permite que as células possam atuar como unidades independentes, tais como qualquer outro microorganismo, por exemplo, bactérias ou fungos. Estas células são capazes de se dividir, crescer e continuam a se multiplicar até que seja estabelecido um limite ao seu cultivo.

Atuais desenvolvimentos envolvendo a cultura de células de vegetais concentram-se principalmente na produção de vegetais mais resistentes a infestações e de produtos para o tratamento de doenças. Componentes farmacologicamente ativos de origem natural, como o paclitaxel, já são amplamente comercializados. Este composto, produzido a partir do teixo, um tipo de pinheiro comum nas regiões central e sul da Europa, vem sendo empregado em tratamentos com quimioterapia.

Pesquisas envolvendo o cultivo de células animais concentram-se no desenvolvimento de proteínas com valor terapêutico, tais como hormônios e anticorpos e proteínas que têm a capacidade de recombinação para o combate de doenças. Por meio do cultivo de células animais também vêm sendo desenvolvidos agentes de controle ambiental. Estes agentes são microorganismos que protegem cultivos contra infestações. Representam uma opção bastante viável em termos econômicos, porque não causam mal aos insetos benéficos aos cultivos e eliminam a necessidade de utilização de pesticidas químicos. Desta forma, contribuem naturalmente para a preservação do meio ambiente.

Entre as técnicas de cultivo de células, uma das mais importantes é conhecida como terapia gênica ou terapia de células germinativas ou geneterapia. A terapia gênica compreende o cultivo de células e sua posterior aplicação ao tratamento de doenças genéticas ou adquiridas. Mais especificamente, células novas e saudáveis são produzidas através da cultura de células germinativas em embriões. Destas células são retirados genes funcionais. Estes genes são, a seguir, inseridos em células doentes para substituir ou complementar genes defeituosos ou causadores de doenças. Atuais pesquisas em geneterapia orientam-se no sentido de tentar recuperar as funções de vítimas de doenças cerebrais e cardiovasculares e tratar pacientes com doenças adquiridas.

## Clonagem

Por meio de clonagem é possível gerar populações de moléculas, células, vegetais ou animais geneticamente idênticos. Cada um dos elementos ou seres resultantes de uma clonagem é denominado clone. O termo "clone" pode se referir a um gene ou fragmento de DNA, a uma coleção de células ou a um organismo que contém uma parte de DNA clonado.

A identificação e o mapeamento de genes e a tecnologia de recombinação de DNA, desde pesquisas básicas até a fase de produção, dependem da clonagem. Esta dependência contribuiu para diferentes definições do termo "clonar", que pode se referir à inserção de uma parte de DNA no DNA de uma molécula ou apenas à identificação e mapeamento de um gene.

Basicamente, existem dois tipos de clonagem. Quando aplicada a células, a tecnologia de clonagem é denominada clonagem celular. Este tipo de clonagem produz células idênticas. Quando aplicada a moléculas, a tecnologia de clonagem é denominada clonagem molecular. Este tipo de clonagem produz cópias idênticas de um gene ou de um fragmento de gene.

A clonagem molecular tem mais aplicações porque pode ser utilizada para produzir moléculas, células, alguns animais e embriões de mamíferos. Este tipo de clonagem conforma a base da biologia molecular e é uma ferramenta essencial em pesquisas, desenvolvimento e comercialização de produtos biotecnológicos.

Entre outros desenvolvimentos que dependem da clonagem encontram-se vegetais transgênicos, produtos farmacêuticos manufaturados através de células de mamíferos e a regeneração terapêutica de células e tecidos. A clonagem, em conjunto com a engenharia genética, vem permitindo gerar animais com características importantes para estudos de doenças genéticas, do envelhecimento e do câncer. Estima-se que num futuro próximo, através da clonagem, será possível descobrir novos medicamentos, novas terapias genéticas e salvar espécies animais em extinção.

## **Modificação Genética**

A modificação genética também é conhecida como recombinação de DNA. O DNA recombinado é produzido na natureza e em seres humanos pela combinação de material genético de duas fontes distintas. Há muitos anos utiliza-se a recombinação de DNA. O cruzamento de animais domésticos e a seleção de reprodutores representam uma das utilizações desta tecnologia. Através de sucessivos cruzamentos e seleções, modifica-se a constituição genética destes animais.

A recombinação de DNA pode ser aplicada ao material genético de diferentes organismos em nível molecular. Basicamente, compreende a combinação, entre organismos, do DNA de genes cujas funções são conhecidas. Aplicada à agricultura ou pecuária, reduz o tempo e o trabalho intensivo para selecionar genes não desejáveis. Permite também transferir ou modificar genes, bem como ter acesso aos genes mais importantes de qualquer espécie animal ou vegetal.

Entre outras aplicações, a modificação genética vem sendo utilizada na produção de medicamentos e vacinas, no desenvolvimento de plásticos biodegradáveis, para aumentar o valor nutricional e reduzir os alérgenos dos alimentos, para reduzir a poluição do ar e de águas e aumentar a produção agrícola.

## **Engenharia de Proteínas**

A engenharia de proteínas, mais conhecida como proteômica, explora o proteoma, ou seja, o conjunto de todas as proteínas expressas por uma determinada célula, tecido ou organismo. Basicamente, através da proteômica é possível identificar como e onde os genes se expressam em proteínas.

A proteômica é uma tecnologia cujos fundamentos não são totalmente novos, mas que se desenvolveu bastante na última década, devido a novas técnicas de análise de proteínas. Isto permitiu expandir suas aplicações, que atualmente se concentram nos setores de saúde e de meio ambiente.

Aplicada ao setor de saúde, a proteômica tem o objetivo principal de compreender o metabolismo celular e ajudar a desenvolver novas ferramentas de diagnóstico e novas terapias para tratamento de doenças. Por exemplo, ao facilitar a comparação de tecidos saudáveis com tecidos doentes ao nível de proteínas, a proteômica permite identificar espécies de proteínas envolvidas em uma doença, bem como proteínas que podem ajudar no diagnóstico de doenças e em intervenções terapêuticas.

Em conjunto com a modificação genética, a proteômica tem o objetivo principal de gerar tecnologias limpas. Entre estas tecnologias, destacam-se as proteínas biodegradáveis e as enzimas biocatalizadoras. Proteínas biodegradáveis não são encontradas na natureza e contribuem para o desenvolvimento de processos industriais que não agridem o meio ambiente. Enzimas biocatalizadoras dissolvem-se na água e atuam em baixas temperaturas e em ambientes de pH neutro. Estas enzimas vêm beneficiando indústrias químicas, têxteis, de papel, farmacêuticas, de alimentos e de produção de energia através da purificação de processos industriais e da redução do consumo de energia.

## **Tecnologias Híbridas**

Algumas das tecnologias que compõem as biotecnologias são denominadas híbridas. Ao contrário das tecnologias apresentadas anteriormente, que são fundamentadas nas ciências naturais, as tecnologias híbridas são conformadas pela combinação de processos biológicos com novos conhecimentos e avanços tecnológicos de outras áreas. Envolvem ciências como engenharia, matemática e informática. A seguir, apresentam-se algumas das tecnologias híbridas mais importantes: biossensores, engenharia de tecidos, chips de DNA e bioinformática.

## **Biossensores**

Biossensores são dispositivos que convertem sinais biológicos em sinais elétricos, permitindo medir substâncias em concentrações muito baixas. Tecnicamente, um

biossensor é composto por um componente ou produto biológico, como, por exemplo, um microorganismo, uma célula ou enzima, ligado a um transdutor que pode ser eletrônico, ótico, eletromecânico ou magnético. Quando uma substância pesquisada entra em contato com o componente biológico, o transdutor produz um sinal proporcional à concentração desta substância, realizando sua identificação e medição.

Biossensores devem possuir certas características especiais, como precisão, portabilidade, estabilidade em condições normais de armazenamento e facilidade de utilização. Estas características e a necessidade de customização de acordo com tipos específicos de aplicações dificultam o seu desenvolvimento. Apesar disso, seu campo de aplicação é bastante vasto e vem se expandindo rapidamente nos setores de saúde, alimentos e meio ambiente.

A demanda por biossensores é maior no setor de saúde, em que a rapidez de diagnósticos e tratamentos é retardada pela demora de análises realizadas em laboratórios. Neste setor, entre outras aplicações, os biossensores são utilizados com sucesso no tratamento e controle do diabetes. Representam um método conveniente, higiênico e compacto de monitoração da doença através do próprio paciente.

Aplicados ao setor alimentício, os biossensores contribuem para garantir a qualidade e a segurança dos alimentos. Podem ser utilizados para analisar o valor nutritivo e o frescor de diversos produtos e detectar agentes patogênicos. Especialmente neste caso, são extremamente importantes porque sinalizam a contaminação de alimentos em horas, reduzindo o tempo gasto em métodos convencionais, que consomem dias.

No setor de meio ambiente, biossensores de vários tamanhos e formas são utilizados para monitorar mudanças em condições ambientais. Estes dispositivos medem níveis de acidez (pH) de solos, detectam e realizam medições de concentrações de bactérias ou de elementos químicos com potencial de risco.

## Engenharia de Tecidos

A engenharia de tecidos combina descobertas em biologia celular e ciência dos materiais para desenvolver tecidos e órgãos semi-sintéticos em laboratórios. Estes tecidos são compostos de uma base de material biodegradável e de células vivas, produzidas pela cultura celular. Tecidos mais simples, como a pele e cartilagens, vêm sendo desenvolvidos com sucesso. Tipos mais complexos e que envolvem várias camadas de tecidos, como os órgãos, ainda se encontram em fase de pesquisa.

Em seu desenvolvimento mais simples, a engenharia de tecidos emprega materiais biológicos naturais, como o colágeno, para conformar uma estrutura de base. Por exemplo, a pele artificial em duas camadas é composta por uma camada de colágeno em forma de gel misturada com células de tecidos. Esta primeira camada tem a função de proteger as células, que se concentram em maior quantidade na segunda camada. Outro método emprega polímeros sintéticos, moldados e posicionados em áreas onde há falta de tecido. Neste caso, células adjacentes invadem os polímeros, que se degradam e são absorvidos. Estes polímeros ou materiais biodegradáveis também podem ser misturados a células cultivadas em laboratório.

## Chips de DNA

Chips de DNA conformam outra tecnologia híbrida que ainda se encontra em fase de pesquisa e tem o objetivo principal de reduzir o tempo necessário para a coleta de informações sobre seqüências de DNA. Atualmente, a grande maioria é fabricada em laboratórios científicos e consiste em fragmentos de DNA dispostos entre lâminas de vidro. Algumas empresas vêm desenvolvendo alternativas para sua produção em massa, semelhantes aos processos de fabricação de chips em indústrias de semicondutores.

A flexibilidade, o tamanho compacto e a velocidade representam as principais vantagens de utilização dos chips de DNA. Algumas pesquisas indicam que a

produção em massa destes chips deve revolucionar análises genéticas, porque cada um permitirá a identificação simultânea de dezenas de milhões de genes. Informações sobre seqüências de DNA poderão ser obtidas em consultórios médicos, contribuindo para melhor customizar tratamentos, de acordo com características genéticas dos pacientes.

Elementos-chave para desvendar como os genes trabalham em conjunto num organismo, um dos grandes desafios atuais, estimam-se diversas aplicações para os chips de DNA. Entre estas aplicações, destacam-se a detecção de mutações em genes responsáveis por doenças, o monitoramento das atividades genéticas, o diagnóstico de doenças infecciosas e a identificação de medicamentos para seu tratamento. Particularmente na agropecuária, os chips de DNA serão muito importantes para identificar genes que contribuem para o aprimoramento de criações.

## **Bioinformática**

O conjunto de tecnologias que conforma as biotecnologias e suas diversas aplicações vem gerando uma grande quantidade de dados. Métodos para organizar e analisar dados primários são fundamentais para sua transformação em informações, que são necessárias à geração de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novos produtos. Com este objetivo, surgiu a bioinformática.

A bioinformática integra a matemática, estatística e modelos computacionais para organizar e analisar dados biológicos, bioquímicos e biofísicos. Conformam um conjunto de métodos e ferramentas, tais como bancos de dados e software para estatísticas e simulações gráficas, que favorecem o acesso, processamento e integração de dados de diferentes fontes.

Entre diversas aplicações, a bioinformática auxilia no mapeamento e na identificação de genes, na determinação de estruturas de proteínas e em simulações



de suas interações. Permite também gerar hipóteses para testar o desempenho de medicamentos e modelos para combater doenças infecciosas e infestações em cultivos.

Particularmente utilizada como suporte aos desenvolvimentos em genômica e proteômica, a bioinformática compreende o desenvolvimento de ontologias ou classificações conceituais que, armazenadas em algoritmos, facilitam simulações das funções de biomoléculas. Outras aplicações compreendem a integração de métodos para estatísticas genéticas com dados epidemiológicos e sobre variações genéticas em populações, para modelar redes genéticas e metabólicas.

# 4 Aplicações Setoriais

Os empreendimentos em biotecnologia dividem-se basicamente em dois segmentos: o primeiro dedica-se ao desenvolvimento de pesquisas com o objetivo de explorar biotecnologias e o segundo emprega biotecnologias na manufatura de produtos. A Organização das Indústrias de Biotecnologia (Biotechnology Industry Organization - BIO) classifica as indústrias que exploram ou utilizam biotecnologias em seis categorias: terapêutica, diagnose humana, suprimentos, química-ambiental e agropecuária. Outras organizações de indústrias adicionaram as categorias de produção de energia, equipamentos médicos, biofarmacêutica e veterinária, além de várias outras combinações destas categorias. Em geral, as biotecnologias desempenham um importante papel em três setores econômicos: meio ambiente, alimentício e de saúde. A seguir, descrevem-se algumas de suas aplicações nestes setores.

## 4.1 Biotecnologias no setor de Meio Ambiente

No setor de meio ambiente, as biotecnologias são basicamente utilizadas na prevenção e controle da poluição ambiental e no desenvolvimento de produtos ecologicamente corretos. Compreendem um conjunto de tecnologias, entre as quais se destacam: biorremediação, biocatalisadores, biopolímeros, matérias-primas e materiais baseados em biomassa.

### Biorremediação

A biorremediação de solos, águas e outros meios contaminados com componentes orgânicos e inorgânicos utiliza organismos vivos para reduzir ou eliminar riscos da acumulação de substâncias químicas tóxicas ou outros materiais com potencial de risco. Esta tecnologia vem sendo aplicada, por exemplo, no tratamento de resíduos urbanos. Neste caso, envolve a introdução de nutrientes para estimular

as atividades de bactérias ou a introdução de novas bactérias no solo em que são depositados os resíduos urbanos. Estas bactérias decompõem os resíduos contaminantes, transformando-os em subprodutos não prejudiciais à saúde. Após esta decomposição, as bactérias morrem, retornando ao nível de concentração normal ao meio ambiente.

## **Biocatalisadores**

Biocatalisadores são enzimas utilizadas em sínteses químicas. Enzimas são proteínas produzidas por todos os organismos vivos. Nos seres humanos, entre outras funções, facilitam a digestão de alimentos. Em outros animais, transformam a celulose em açúcar ou quebram proteínas. Com a aplicação de biotecnologias, determinadas enzimas naturalmente encontradas no meio ambiente podem ser manufaturadas em quantidades comercializáveis. Estas enzimas conformam biocatalisadores, que ajudam a produzir novos componentes, reduzindo e aumentando o grau de pureza de subprodutos destes processos, que são integrados ao meio ambiente sem riscos de contaminação.

## **Biopolímeros**

Os biopolímeros têm a finalidade de substituir polímeros derivados do petróleo. São polímeros biologicamente compatíveis produzidos por biotecnologias. O algodão geneticamente modificado é um exemplo de biopolímero. Possui a mesma textura do algodão comum e é biodegradável, porque contém um gene de uma bactéria com esta característica.

Outros biopolímeros, com a finalidade de substituir tecidos e fibras sintéticas, encontram-se em desenvolvimento. Fabricados a partir da modificação genética de vegetais e microorganismos, são conformados por proteínas naturais e possuem a mesma resistência de teias de aranha. Estima-se que estes biopolímeros conformarão a base para a manufatura de muitos produtos industriais,

especialmente dos que têm o plástico como matéria-prima. Produtos fabricados a partir do bioplástico, totalmente biodegradáveis, contribuirão muito para a preservação do meio ambiente.

## **Matérias-Primas e Fontes de Energia baseadas em Biomassa**

Em geral, os processos de manufatura industrial dependem amplamente do petróleo, um recurso natural não renovável que, como fonte de material e energia, gera poluição e causa desperdício de resíduos sólidos. As biotecnologias poderão reduzir o uso de petróleo, contribuindo para a conformação de processos e produtos industriais mais compatíveis com o meio ambiente.

Biomassa é toda matéria orgânica, de origem vegetal ou animal, que é possível converter em energia. As fontes da biomassa podem ser classificadas em primárias, como vegetais lenhosos ou não lenhosos, e secundárias, como resíduos e detritos orgânicos. Com o uso de biotecnologias, será possível aumentar estoques de matérias-primas e de fontes de energia baseadas em biomassa. Matérias-primas e fontes de energia baseadas em biomassa apresentam duas vantagens ambientais em relação à manufatura baseada na utilização de petróleo: produção limpa e redução de resíduos.

## **4.2 Biotecnologias no setor de Saúde**

Aplicadas ao setor de saúde, as biotecnologias têm o objetivo de aumentar a eficiência e a eficácia do tratamento de doenças e facilitar sua prevenção. Conformam um conjunto de tecnologias desenvolvido para melhor explorar os recursos naturais de organismos, utilizando-os no aprimoramento da saúde. Satisfazendo necessidades médicas antes não respondidas, facilitam a produção de medicamentos e o desenvolvimento de terapias e formas de diagnóstico inovadores. A seguir, apresentam-se os principais desenvolvimentos da aplicação de biotecnologias ao setor de saúde: produtos baseados em células e tecidos humanos e farmacogenética.

## Produtos baseados em Células e Tecidos Humanos

Atualmente vêm sendo desenvolvidos diversos tipos de produtos baseados em células e tecidos humanos. Com finalidades próstéticas, reparadoras, terapêuticas ou cosméticas, estes produtos facilitam o tratamento de pacientes e apresentam muitas vantagens em relação a produtos convencionais, entre as quais a redução do tempo de tratamento e das possibilidades de rejeição e a apresentação de resultados com melhor qualidade.

Produtos baseados em células e tecidos humanos contêm células ou tecidos de origem humana, que podem ser do próprio paciente ou de um doador. As células utilizadas nestes produtos podem ser germinativas, geneticamente modificadas ou fundidas a outras células. Aplicados a diversas áreas da medicina, estes produtos vêm contribuindo principalmente na ortopedia, cardiologia, dermatologia, imunoterapia e neurologia.

Há muitos anos a terapia celular vem sendo utilizada para regenerar cartilagens de joelhos, incentivando o crescimento de células dos próprios pacientes, os condrócitos. Atualmente estão disponíveis produtos baseados na engenharia de tecidos com a finalidade de recuperar cartilagens. Estes produtos são compostos por condrócitos cultivados em biomateriais com capacidade de reabsorção. Futuras pesquisas têm o objetivo de contribuir para a regeneração de ossos, tendões, nervos e ligamentos.

Na área comercial e acadêmica, diversos grupos de pesquisa vêm desenvolvendo uma terapia para o tratamento do tecido de corações danificados por infartos do miocárdio. Com a finalidade de restaurar ou impedir o declínio das funções do coração, esta terapia poderá adiar ou prevenir a falha total deste órgão. Resultados promissores vêm sendo alcançados com a utilização de células germinativas.

A pele artificial é outro importante produto baseado em células humanas. Pode ser desenvolvida a partir do cultivo de células do próprio paciente, ou de um doador. No primeiro caso, não possui riscos de rejeição. Em ambos os casos a

capacidade de estimular a regeneração é igual. A pele artificial é utilizada no tratamento de queimados e também pode ser aplicada a úlceras, para estimular o processo regenerativo.

Produtos baseados no cultivo de células humanas e ainda em fase de desenvolvimento compreendem vacinas para o combate a doenças e terapias celulares. Terapias celulares têm o objetivo de induzir respostas imunológicas celulares específicas e não tóxicas. Estas terapias vêm sendo testadas no combate a diversos tipos de câncer e no tratamento de doenças neurológicas.

## **Farmacogenética**

A farmacogenética compreende a utilização de biotecnologias na produção de vacinas mais eficazes, medicamentos com efeitos colaterais reduzidos e produtos para o diagnóstico de doenças. Entre os desenvolvimentos nesta área, destacam-se os que são baseados em plantas e animais transgênicos, ou seja, geneticamente modificados.

Plantas transgênicas contêm antígenos capazes de estimular o sistema imunológico e podem produzir proteínas que conferem imunidade. Sua utilização na produção de vacinas tem a vantagem de eliminar a necessidade de purificação e os perigos associados à aplicação de injetáveis. Atualmente se encontram em fase de desenvolvimento diversas vacinas baseadas em plantas transgênicas.

Alguns medicamentos produzidos a partir de plantas transgênicas já vêm sendo comercializados, entre os quais o paclitaxel, empregado em quimioterapia. Este medicamento, de valor terapêutico natural, é extraído do teixo, um tipo de pinheiro comum nas regiões central e sul da Europa. Outros medicamentos ainda se encontram em fase de desenvolvimento e têm como base diversos vegetais e legumes, entre os quais o espinafre, milho, tomate, alface, batata e soja.

Plantas transgênicas são também utilizadas em produtos para diagnósticos. Entre estes produtos, encontram-se anticorpos para o diagnóstico da hepatite B, produzidos

a partir do tabaco transgênico. Este tipo de tabaco, que contém o antígeno da hepatite B, é usado para determinar se doadores de sangue possuem este vírus.

Outros produtos de plantas transgênicas compreendem diversos tipos de proteínas humanas. Estas proteínas são muito importantes, porque podem ser aplicadas tanto ao diagnóstico quanto ao tratamento de doenças. Por exemplo, a proteína hirudin, produzida a partir da canola transgênica, é utilizada no tratamento de coágulos sanguíneos. A proteína avidin, produzida a partir do milho transgênico, é utilizada em imunodiagnósticos.

Proteínas humanas também vêm sendo desenvolvidas a partir de animais transgênicos. Estas proteínas são utilizadas em estudos de infecções, inflamações e do câncer, para produzir anticorpos monoclonais e agentes antiinflamatórios que auxiliam no diagnóstico e no tratamento de doenças.

### 4.3 Biotecnologias no setor Alimentício

O setor alimentício é o mais antigo na utilização de biotecnologias. Há muitos anos empregam-se microorganismos na produção de alimentos e bebidas como, por exemplo, queijos e vinhos. Atualmente as biotecnologias aplicadas a este setor têm o objetivo de aprimorar a produção, a qualidade e a segurança dos alimentos e concentram-se sobretudo na agricultura e na pecuária.

Métodos tradicionais utilizam mecanismos de seleção natural para garantir características que favorecem o cultivo, tais como maior rendimento por hectare, mais resistência contra infestações e maior valor nutritivo. Características genéticas são aprimoradas por sucessivos cruzamentos de espécies que possuem um conjunto de características desejadas. Este processo consome muito tempo e nem sempre garante os resultados esperados. Aplicadas à agricultura, as biotecnologias permitem selecionar, através da manipulação genética, os genes responsáveis por determinadas características. Este processo é mais preciso e beneficia a produção agrícola.

Mais especificamente, as biotecnologias customizam a genética de plantas, de forma que possam ser cultivadas em ambientes bastante úmidos ou secos, em climas frios ou quentes ou que contenham determinados componentes que aumentam seu valor nutricional e sua resistência contra infestações. Plantas geneticamente modificadas apresentam maior rendimento no cultivo, possuem maior flexibilidade em relação ao ambiente em que são cultivadas e, além disso, reduzem a utilização de pesticidas químicos.

Estima-se que a agricultura baseada em biotecnologias possa ajudar na solução de grandes problemas mundiais, como a fome e a desnutrição. Produtos agrícolas transgênicos ou geneticamente modificados, como tomate e soja, vêm sendo comercializados com sucesso. Outras pesquisas encontram-se em desenvolvimento. Entre estas, estudos para produzir arroz e batatas. Rico em betacaroteno, um precursor da vitamina A, o "arroz dourado" poderá prevenir a cegueira infantil, muito comum em países em desenvolvimento. Mais resistentes contra infestações, batatas transgênicas absorverão menos gordura durante processos de fritura.

Com o objetivo de contribuir para a agricultura, algumas pesquisas concentram-se na criação de insetos transgênicos. Devido aos danos causados por pesticidas à saúde humana e animal e ao meio ambiente, estes insetos são considerados uma alternativa biológica para o controle de infestações. Apesar desta grande vantagem, seu desenvolvimento vem ocorrendo de forma lenta e gradual porque ainda não se pode determinar se poderiam causar danos imprevistos ao meio ambiente.

Alguns produtos da aplicação de biotecnologias à agricultura e que ainda se encontram em pesquisa beneficiam outros setores econômicos. Por exemplo, gramíneas transgênicas, além de favorecer a pastagem, poderão servir para detectar substâncias contaminantes, auxiliar na descontaminação de solos e atuar como insumos na produção de vacinas contra doenças humanas e de animais.

Aplicadas à pecuária, as biotecnologias concentram-se na geração de animais transgênicos. Através da modificação genética, é possível acelerar o tempo de



crescimento, reduzir o tempo de engorda e aumentar a resistência de animais a doenças. Isto permite melhorar a qualidade da carne e outros produtos derivados de animais.

A modificação genética de suínos gerou animais cuja carne apresenta um percentual de gordura cerca de 23% menor do que a carne de animais não transgênicos. Em bovinos, esta biotecnologia contribuiu para reduzir o teor de água e de lactose do leite. Este resultado é bastante importante porque beneficia a produção do leite, reduzindo processamentos que envolvem a remoção de água e contribuindo para aumentar a durabilidade do próprio leite e de seus derivados.

Pesquisas com bovinos transgênicos concentram-se no aumento de produção de determinadas enzimas, como a lisoenzima. Encontrada no leite materno, esta enzima possui a função de proteger bebês contra doenças. Através da modificação genética é possível incrementar a produção desta enzima no leite de bovinos. Isto poderá contribuir para aumentar a proteção de crianças contra doenças.

Finalmente, da mesma forma que na agricultura, a aplicação de biotecnologias à pecuária também pode beneficiar outros setores econômicos. Animais transgênicos vêm sendo utilizados em pesquisas para o desenvolvimento de xenotransplantes, ou seja, procedimentos que utilizam órgãos ou tecidos de outras espécies animais para substituir os de um ser humano. As atuais pesquisas concentram-se em suínos, porque estes animais possuem muitas similaridades biológicas com seres humanos. Um dos grandes desafios compreende a remoção, do tecido de suínos, de uma proteína que causa rejeição em seres humanos.

# 5 Biotecnologias e Trabalho

O mais recente relatório sobre o setor de biotecnologias da Ernst & Young reporta a existência, em âmbito mundial, de 4.362 empresas públicas e privadas dedicadas ao desenvolvimento de biotecnologias e suas aplicações. Os Estados Unidos mantêm a liderança do mercado. De acordo com estatísticas da BIO (Biotechnology Industry Organization), o setor de biotecnologias americano vem crescendo rapidamente e sua receita quadruplicou durante os últimos dez anos. Na Europa, o grande interesse de investidores e a disponibilidade de venture capital aceleraram o crescimento deste setor, cujos maiores empreendimentos concentram-se na Alemanha.

Em termos mundiais, o setor de biotecnologias responde por 193.753 postos de trabalho, mas este número pode ser maior. Conforme a Signals, uma empresa especializada em análises de biotecnologias para a indústria, não há estatísticas precisas neste setor. Isto acontece porque a existência de diversas definições para biotecnologias faz com que instituições de pesquisa subcontratadas não sejam consideradas em estatísticas. Ao mesmo tempo, muitas empresas novas e pequenas não anunciam sua presença no mercado.

O setor de biotecnologias é o mais intensivo em pesquisas. Novas pesquisas contribuem para a consolidação de biotecnologias no mercado e vêm reestruturando as empresas com as quais interagem, desde as que empreendem tradicionais processos de agricultura até as que empreendem os mais sofisticados processos de manufatura industrial.

Uma característica mais recente compreende a formação de redes de alianças entre empresas de biotecnologias. Nestas redes, cada empresa concentra-se em suas competências fundamentais, entre outras pesquisa básica ou manufatura de produtos para um setor econômico específico. Isto tem contribuído para aumentar

a demanda por profissionais com formação e experiência em mais de uma área, combinando especializações científicas e não científicas. Por exemplo, a área de marketing em biotecnologias demanda profissionais que também possuam conhecimentos, formação ou experiência na área científica.

Particularmente nos Estados Unidos e Canadá, a demanda na área de biotecnologias é maior para profissionais com maior escolaridade. Pós-graduação, principalmente em química, física, biologia e engenharia, é um requisito básico para atuação no desenvolvimento de pesquisas. Profissionais de nível universitário são contratados para atuar em marketing, vendas e algumas atividades de pesquisa. Em nível técnico, a demanda é maior para atividades de manufatura e, em menor escala, para auxílio em pesquisas.

Em âmbito mundial, a demanda profissional na área de biotecnologias é maior para os que são graduados em biologia, química, física, agricultura, veterinária ou microbiologia. Em segundo lugar, são requisitados profissionais de nível técnico que possuam sólidos conhecimentos em química, biologia, microbiologia ou ciências que envolvam a criação de animais ou o cultivo de vegetais. As oportunidades de carreira para profissionais graduados e de nível técnico concentram-se nas áreas operacional e de produção. Mestres em ciências têm oportunidades de exercer cargos de gestão, e doutores em ciências são requisitados para atividades de pesquisa e planejamento.

Para uma melhor classificação da demanda em biotecnologias, este setor é, em geral, dividido em áreas de atuação. Estas áreas são: pesquisa e desenvolvimento, pesquisas clínicas, marketing e vendas, manufatura, administração e controle de qualidade. A seguir, apresentam-se requisitos gerais para atuação nestas áreas.

A área de pesquisa e desenvolvimento compreende as fases de criação e testes de novas biotecnologias. Profissionais de nível técnico podem atuar neste setor, mas, em geral, os requisitos acadêmicos prevalecem e a demanda é maior para doutores,

sobretudo nas áreas de química ou biologia. Além da experiência acadêmica, outros requisitos são fundamentais para profissionais que atuam neste setor. Como as atividades de pesquisa envolvem resultados alcançados a longo prazo e são geralmente realizadas sem supervisão, estes profissionais devem demonstrar grande iniciativa e capacidade de tomar decisões e ser bastante pacientes. Em conjunto com estes requisitos, raciocínio analítico e capacidade de resolver problemas técnicos são fundamentais.

A área de pesquisas clínicas envolve a realização de pesquisas para analisar efeitos clínicos e farmacológicos e identificar efeitos colaterais de produtos. Estas pesquisas compreendem testes para avaliar características como absorção, distribuição, metabolismo e excreção de um determinado produto, com o objetivo de determinar sua eficiência e eficácia. A demanda profissional nesta área é maior para graduados em ciências da saúde, geralmente em enfermagem.

Profissionais que atuam em pesquisas clínicas organizam testes clínicos de novos produtos em seres humanos considerando, entre outras, características médicas, pessoais e demográficas. Devido ao grande contato com pessoas, capacidade de comunicação e persuasão são requisitos pessoais fundamentais para atuação nesta área. Outros requisitos compreendem a capacidade de trabalhar em equipe, disponibilidade para viagens freqüentes e excelente comunicação escrita, para a confecção de relatórios e de apresentação de resultados.

A área de marketing e vendas aplicada a biotecnologias, diferentemente da de marketing e vendas aplicada a outras áreas, vem demandando profissionais com dupla especialização. Segundo analistas ocupacionais, isso ocorre devido à natureza específica dos produtos biotecnológicos e dos mercados em que são comercializados. Em conjunto com a formação em administração, estes profissionais deverão ter formação ou experiência na área científica. Outros requisitos envolvem uma grande capacidade de comunicação e persuasão.

A área de manufatura em biotecnologias compreende o desenvolvimento de novos produtos. Os profissionais desta área seguem treinamentos especializados para a utilização de máquinas e/ou equipamentos de manufatura. Além disso, aplicam conhecimentos científicos na análise e resolução de problemas. Em geral, são graduados de nível técnico em engenharia ou ciências. Devem possuir uma grande capacidade de concentração de resolução de problemas.

Como em qualquer outro setor, a administração de biotecnologias envolve, entre outros, profissionais das áreas de contabilidade, financeira, recursos humanos, gerência de materiais e logística, relações públicas, jurídica e informática. Os requisitos para atuação na área de administração em biotecnologias não são muito diferentes dos requisitos das áreas de administração de empresas de outros setores, mas encontram-se algumas particularidades. Estas particularidades envolvem profissionais que trabalham com propriedade intelectual, regulamentação de produtos e informática.

Profissionais que trabalham com propriedade intelectual têm a função de proteger legalmente os produtos ou processos de uma empresa. Pesquisam e organizam documentações técnicas e jurídicas, acompanham os trâmites legais e administrativos para a obtenção de patentes e prestam assessoria em desenvolvimento, com o objetivo de evitar que os produtos ou processos de uma empresa possam infringir outras patentes.

A área de propriedade intelectual em biotecnologias requisita profissionais graduados em ciências jurídicas e especializados em direitos de propriedade intelectual de biotecnologias. A especialização é adquirida através de cursos e da prática. Outros requisitos compreendem a capacidade de comunicação, persuasão e raciocínio crítico, para identificar os pontos favoráveis e desfavoráveis de soluções alternativas e construir soluções ou formas de abordar problemas.

Profissionais que trabalham com a regulamentação de produtos têm objetivo de garantir que produtos biotecnológicos, geralmente novos medicamentos, sejam

aprovados. Continuam o trabalho de profissionais que atuam em pesquisas clínicas, organizando informações resultantes de testes clínicos para sua submissão a órgãos governamentais. Estes profissionais são cientistas pós-graduados e com grande experiência em pesquisa e desenvolvimento em biotecnologias. Devem possuir uma grande capacidade de organização de informações e orientação por detalhes, além de ser altamente motivados por novos desafios.

Profissionais que trabalham com informática aplicada a biotecnologias realizam o tratamento de dados resultantes de pesquisas, extraíndo informações necessárias ao desenvolvimento de processos, produtos ou novas pesquisas. Denominados bioinformatas, estes profissionais devem possuir uma grande compreensão dos objetos e finalidades de pesquisa e de métodos experimentais empregados em seu desenvolvimento, além de conhecimentos e experiência em tecnologias de informática.

A característica interdisciplinar da bioinformática, que conjuga informática e ciências, tais como a biologia e a química, demanda profissionais com conhecimentos e experiência em mais de uma área. Estes profissionais são graduados em ciências com especialização em informática ou vice-versa. Devem possuir grande capacidade de solucionar problemas complexos e se comprometer com a aprendizagem contínua.

Profissionais de controle de qualidade são responsáveis por estabelecer e assegurar o cumprimento de normas e padrões para processos de fabricação e produtos. Na área de biotecnologias, devem garantir que os produtos biotecnológicos são corretamente desenvolvidos, seguros e confiáveis. O trabalho que desenvolvem torna-se ainda mais importante quando os produtos são aplicados ao setor de saúde, visto que causam impactos diretos sobre seres humanos.

Em geral, profissionais de controle de qualidade em biotecnologias são graduados em ciências naturais, como biologia, farmácia ou química, em nível técnico ou universitário e especializados em controle de qualidade. Criatividade, curiosidade e atenção a detalhes são requisitos fundamentais para estes profissionais, que

devem se comprometer com a saúde humana e a segurança, atentamente observando, documentando e agindo em circunstâncias fora de padrões, para garantir a confiabilidade de produtos e processos.

## 5.1 Ocupações em Biotecnologias

A rápida expansão das biotecnologias vem abrindo novas oportunidades de carreira. Estas oportunidades envolvem ocupações que se concentram em empresas de biotecnologias que se dedicam à pesquisa básica e ao desenvolvimento de novos processos e produtos e em empresas de outros setores econômicos, sobre os quais as biotecnologias vêm causando impactos.

Nesta seção, descrevem-se novas ocupações em biotecnologias. Dois aspectos são fundamentais para melhor compreensão destas descrições: uma definição de ocupação e, mais especificamente, uma definição do que se convencionou denominar novas ocupações.




Uma ocupação é definida como um conjunto de postos de trabalho que envolvem a realização de um conjunto de tarefas. Um posto de trabalho é um conjunto de tarefas realizadas ou estabelecidas para serem realizadas por um indivíduo. Este estudo descreve ocupações e não cargos, que são títulos designados por empresas para denominar postos de trabalho específicos.

Neste estudo, consideram-se novas ocupações o conjunto de ocupações que envolve ocupações emergentes e ocupações em evolução. Ocupações emergentes são ocupações que compreendem um conjunto de atividades, habilidades e conhecimentos totalmente novos e, por este motivo, geralmente não são encontradas em classificações ocupacionais vigentes. Ocupações em evolução são aquelas que compreendem atividades que sofreram mudanças significativas.

A seguir, apresenta-se uma lista das novas ocupações em biotecnologias, que compreende um detalhamento de seu conteúdo de trabalho, o grau de escolaridade requisitado e as principais competências pessoais e condições de trabalho.

## **Biotecnologistas**

Biotecnologistas realizam pesquisas e desenvolvem novos produtos ou processos utilizando biotecnologias. Estudam a composição genética, química, física e a estrutura de células, tecidos e organismos em ambientes controlados, identificando características de seu desenvolvimento que asseguram sua continuidade de vida em ambientes reais. Realizam análises químicas de substâncias, como ácidos e enzimas. Examinam características fisiológicas, morfológicas e de cultivo para identificar e classificar espécies de microorganismos. Desenvolvem microorganismos, vegetais e animais transgênicos, aplicando tecnologias de modificação genética. Investigam correlações entre organismos e doenças, métodos de controle de epidemias e efeitos de antibióticos em microorganismos. Pesquisam bactérias e microorganismos para desenvolver vitaminas, antibióticos, aminoácidos, álcool, açúcar e polímeros. Examinam a organização e o funcionamento de comunidades e ecossistemas e os diferentes organismos através dos quais são conformados. Realizam estimativas de impactos de seres humanos e de outros fatores sobre a estrutura e interações de organismos em ecossistemas naturais. Preparam relatórios técnicos e científicos de pesquisas.

-  **Escolaridade:** ensino superior em Bioquímica ou Biologia com especialização, em nível de mestrado.
-  **Competências Pessoais:** raciocínio dedutivo, raciocínio indutivo e orientação por detalhes.
-  **Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos, trabalho em equipe, utilização de equipamentos de proteção individual.

## **Biofísicos**

Biofísicos estudam princípios físicos de células e organismos vivos e fenômenos relacionados a estes princípios. Pesquisam formas através das quais características genéticas de vegetais e animais são transmitidas a sucessivas gerações. Investigam danos causados por raios X e partículas nucleares em células e tecidos. Estudam a



configuração espacial de moléculas submicroscópicas, tais como proteínas, utilizando raios X e microscópios eletrônicos. Investigam a transmissão de impulsos elétricos através de nervos e músculos. Investigam a dinâmica da visão e audição. Analisam funções de cérebros eletrônicos (robôs) e do cérebro humano, como aprendizagem, pensamento e memória. Pesquisam o tratamento de câncer, utilizando radiação e partículas nucleares. Estudam a absorção da luz pela clorofila em fotossíntese ou pela visão, através de pigmentos encontrados nos olhos. Preparam relatórios técnicos e científicos de pesquisas.

- **Escolaridade:** ensino superior em Biofísica.
- **Competências Pessoais:** compreensão escrita, raciocínio dedutivo, raciocínio indutivo, capacidade de ordenar informações e capacidade de memorização.
- **Condições de Trabalho:** trabalho realizado freqüentemente em locais fechados e cobertos; utilização de objetos, ferramentas e acionamento de controles e utilização de equipamentos de proteção individual.

## ● Engenheiros Biomédicos

Engenheiros Biomédicos projetam novos equipamentos médicos para monitoração, diagnóstico e terapia. Especificam, ajustam e realizam manutenções em equipamentos biomédicos. Especificam equipamentos para utilizações especiais, em biomedicina. Avaliam a segurança, eficiência e eficácia de equipamentos biomédicos. Planejam serviços de processamento de dados e desenvolvimento de programas aplicativos relacionados a estes serviços. Analisam novos procedimentos médicos e seus resultados, para estimar sua aplicação ao desenvolvimento ou aperfeiçoamento de equipamentos biomédicos. Participam de procedimentos médicos e científicos, nos quais são requeridos conhecimentos em engenharia biomédica. Projetam e distribuem tecnologias para auxiliar portadores de necessidades especiais. Analisam e projetam próteses e aparelhos ortopédicos. Medem e monitoram sistemas fisiológicos. Diagnosticam e interpretam dados bioelétricos, utilizando técnicas de processamento de sinais.

Analisa dados de pacientes, através de computadores. Projeta e desenvolve equipamentos para mostrar imagens de funções fisiológicas ou anatômicas.

- **Escolaridade:** ensino superior em Engenharia Biomédica ou Engenharia Eletrônica ou de Materiais ou Design Industrial, com especialização.
- **Competências Pessoais:** comunicação verbal, raciocínio dedutivo, capacidade de resolver problemas, precisão para observações e medidas, originalidade, paciência.
- **Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos, trabalho em equipe, exposição a situações sob pressão.

## Cientistas Especialistas em Animais

Realizam pesquisas em genética, nutrição, reprodução, crescimento e desenvolvimento de animais domésticos. Estudam impactos da alimentação, de métodos de processamento e de condições ambientais na qualidade e quantidade de produtos derivados de animais. Pesquisam e controlam práticas de seleção e reprodução, para aumentar a eficiência de reprodução e melhorar a qualidade de animais. Desenvolvem métodos de aprimoramento para incubação, inseminação artificial, alimentação, criação, higienização e controle de doenças e de infestações por parasitas em animais e aves. Determinam a composição genérica de populações de animais e características hereditárias, utilizando princípios de genética. Realizam cruzamentos de animais de diferentes raças, de uma mesma espécie ou da mesma raça, para obter combinações com características genéticas desejadas.

- **Escolaridade:** ensino superior em Biologia ou Medicina Veterinária ou Zoologia com especialização.
- **Competências Pessoais:** comunicação escrita, raciocínio dedutivo, raciocínio indutivo, compreensão verbal, expressão escrita, raciocínio matemático, capacidade de identificar problemas.
- **Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos, exposição a situações de periculosidade, trabalho em equipe.

## Técnicos em Criação de Animais

Auxiliam médicos veterinários, cientistas e estudantes em medicina, farmácia e agricultura, na criação e monitoração de animais para pesquisas, reprodução/ outros propósitos científicos. Monitoram e registram dados diários sobre a saúde e o comportamento de animais. Preparam comidas e água para alimentação de animais. Mantêm áreas de exibição, criação e confinamento de animais em jardins zoológicos. Participam de programas de introdução de animais selvagens em seu habitat natural. Realizam experimentos utilizando animais, de acordo com códigos de ética e sob supervisão. Registram resultados destas pesquisas. Coletam amostras de tecidos e fluidos de animais para análises ou inspeções veterinárias. Inspeccionam e testam animais para controle de doenças e parasitas. Monitoram reações de animais durante testes. Preparam gráficos e realizam cálculos. Limpam e desinfetam gaiolas e jaulas e esterilizam equipamentos. Especificam e mantêm programas de criação de animais. Auxiliam em testes de fertilização e na seleção e classificação de animais para reprodução. Auxiliam em cirurgias veterinárias. Aplicam medicamentos e dispensam cuidados veterinários específicos após intervenções cirúrgicas. Ajudam na produção de documentação sobre experimentos com animais. Participam na realização de autópsias e cuidam da disposição de animais mortos.

**Escolaridade:** ensino médio profissionalizante.

**Competências Pessoais:** comunicação escrita e verbal, paciência, capacidade de identificar problemas.

**Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos ou abertos e ao ar livre, manipulação de objetos ou animais, pode envolver carregamento de peso.

## Bioquímicos

Bioquímicos estudam a composição química de organismos vivos. Pesquisam processos químicos de organismos vivos como, por exemplo, o desenvolvimento

celular, a respiração e a digestão. Estudam o metabolismo, a organização estrutural de vírus e o crescimento e reprodução de fungos, bactérias, plantas e animais. Realizam análises químicas detalhadas da formação de anticorpos e de células sanguíneas. Pesquisam processos químicos que ocorrem no interior de células individuais. Desenvolvem testes para diagnosticar doenças, disfunções genéticas e outras anomalias. Desenvolvem componentes farmacêuticos. Testam novos medicamentos para distribuição comercial. Projetam equipamentos especiais para utilização em análises laboratoriais. Realizam análises laboratoriais de alimentos para determinar efeitos de processamentos sobre seu valor nutricional, sua durabilidade e a presença de agentes contaminantes. Preparam ou supervisionam a preparação de relatórios científicos e artigos para jornais, com base em observações e experimentos. Desenvolvem métodos para o desenvolvimento e armazenamento de medicamentos, alimentos e produtos químicos.

- **Escolaridade:** ensino superior em Bioquímica.
- **Competências Pessoais:** raciocínio dedutivo, raciocínio indutivo, originalidade, expressão escrita e verbal.
- **Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos ou abertos e ao ar livre, utilização de objetos, ferramentas e acionamento de controles, exposição a materiais com potencial de risco, utilização de equipamentos de proteção individual.

## **Tecnólogos em Alimentos**

Tecnólogos em Alimentos estudam princípios relativos ao processamento e deterioração de alimentos. Analisam alimentos para determinar níveis de vitaminas, gorduras, açúcar e proteínas. Pesquisam novas fontes de alimentação e formas para produzir alimentos seguros, saudáveis e nutritivos. Desenvolvem e aprimoram métodos e sistemas para processamento, produção, controle de qualidade, embalagem e distribuição de alimentos. Estudam métodos para

melhorar características da qualidade de alimentos, tais como sabor, coloração, textura e valor nutricional e sua composição física, química e microbiológica. Desenvolvem padrões para produtos alimentícios. Desenvolvem normas de segurança e de higienização, de gestão de suprimento de água e disposição de resíduos para o processamento de alimentos. Prestam consultoria a engenheiros e outros especialistas, para a resolução de problemas relativos ao processamento, teor, empacotamento e marketing de alimentos. Testam novos produtos em cozinhas experimentais.

- Escolaridade:** ensino superior em Tecnologia de Alimentos ou Ciências de Alimentos ou em Agricultura ou Nutrição com especialização.
- Competências Pessoais:** expressão escrita; capacidade de organizar informações; raciocínio matemático; raciocínio dedutivo; capacidade de reconhecer sabores e odores.
- Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos, utilização de objetos, ferramentas e acionamento de controles, utilização de equipamentos de proteção individual.

## **Especialistas em Bioética**

Especialistas em Bioética avaliam necessidades de aplicação de princípios de ética a atividades de pesquisa e de tratamento que envolvem animais e seres humanos. Prestam assessoria em pesquisas, para consultoria em ética clínica, e escrevem relatórios e artigos para jornais, com base em estudos de casos. Desenvolvem modelos para resolução de conflitos. Desenvolvem políticas para reportar erros. Desenvolvem projetos para aplicação da ética em organizações. Prestam aconselhamento ético a pessoas envolvidas em situações que geraram questões de ordem ética. Estudam e assistem a elaboração de políticas e normas para recombinação de DNA, terapia genética, aprimoramento de características hereditárias e transplantes de órgãos, entre outros tópicos que envolvem questões éticas. Identificam, estudam e resolvem questões éticas relativas a erros médicos.

Estudam normas de instituições de saúde pública e legislações vigentes e propõem reformas, de acordo com questões éticas.

- **Escolaridade:** ensino superior em Filosofia, Sociologia, Advocacia, Enfermagem ou Medicina, com especialização ou mestrado em Bioética.
- **Competências Pessoais:** compreensão escrita e verbal; expressão verbal e escrita e raciocínio dedutivo, capacidade de identificar problemas.
- **Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos, exposição a situações de conflito, exposição a circunstâncias que causam frustração.

## **Técnicos em Laboratório de Biotecnologias**

Técnicos em Laboratório de Biotecnologias realizam testes científicos em amostras de tecidos de animais e vegetais, sementes, alimentos, água e solos, para diagnosticar componentes químicos e celulares ou determinar a presença de bactérias ou contaminação por agentes químicos. Monitoram processos de fermentação. Inspeccionam e testam animais para identificar doenças. Limpam, mantêm e ajustam equipamentos para utilização em experimentos. Operam e mantêm biorreatores para a produção de proteínas e anticorpos. Auxiliam em procedimentos específicos para a fermentação, através de bactérias. Operam e mantêm equipamentos utilizados em processos de fermentação que envolvem bactérias. Pesam, medem e verificam características de matérias-primas para processos de fermentação. Alimentam e monitoram plantas e animais em laboratórios. Coletam, classificam e conservam amostras e espécies.

- **Escolaridade:** ensino médio profissionalizante.
- **Competências Pessoais:** capacidade de organizar informações, discriminação de cores, destreza manual, compreensão verbal e escrita.
- **Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos; utilização de equipamentos de proteção individual; exposição a materiais com potencial de risco; utilização de objetos, ferramentas e acionamento de controles.

## Técnicos em Sistemas de Qualidade em Biotecnologias

Técnicos em Sistemas de Qualidade em Biotecnologias desenvolvem, preparam e realizam testes e ensaios para verificar a conformidade de produtos biotecnológicos com padrões estabelecidos em normas de qualidade e especificações e com outros requisitos. Coletam, compilam e analisam dados de validações. Preparam relatórios e recomendam mudanças e aprimoramentos em processos de manufatura de produtos. Mantêm arquivos de registros de validações de produtos. Podem ser responsáveis por descobrir problemas em processos de manufatura, desenvolver e implementar soluções para sua correção.

**Escolaridade:** ensino médio profissionalizante.

**Competências Pessoais:** comunicação escrita e verbal, orientação por detalhes, capacidade de identificar problemas, capacidade de organizar informações.

**Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos, manipulação de objetos ou ferramentas e acionamento de controles.

## Técnicos em Cultivo de Espécies Vegetais

Técnicos em Cultivo de Vegetais auxiliam na realização de atividades de pesquisas e experimentos para o cultivo de espécies vegetais em estufas. Realizam observações detalhadas, para detectar a existência de infestações por insetos, fungos ou outros problemas com espécies cultivadas. Reportam resultados de observações e implementam ações corretivas, conforme instruções de responsáveis por pesquisas. Ajudam a classificar espécies. Realizam atividades de prevenção de doenças e infestações. Administram cuidados rotineiros, tais como molhar e limpar cultivos. Coletam amostras para análises. Coletam, registram, analisam e interpretam dados de cultivos, tais como medidas de temperaturas, datas de plantio e de germinação, entre outros. Auxiliam na elaboração de documentos sobre

experimentos. Podem realizar manutenções corretivas e preditivas em equipamentos.

- **Escolaridade:** ensino médio profissionalizante.
- **Competências Pessoais:** comunicação escrita e verbal, orientação por detalhes, capacidade de identificar problemas, capacidade de organizar informações.
- **Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos, manipulação de objetos ou ferramentas, pode envolver carregamento de peso.

## ● Cientistas em Cultivo de Espécies Vegetais

Planejam e gerenciam o desenvolvimento, implementação e execução de projetos de pesquisas que envolvem o cultivo de espécies vegetais. Integram sistemas de hibridação com biotecnologias ou utilizam biotecnologias para o aprimoramento de métodos de seleção de espécies e aceleração de seu desenvolvimento. Desenvolvem relações entre a comunidade científica e outros profissionais. Podem atuar como consultores, assistindo o estabelecimento de objetivos de longo prazo para o cultivo de espécies vegetais. Podem colaborar no desenvolvimento de patentes e assistir gerentes de empresas em projetos de desenvolvimento de novas espécies vegetais.

- **Escolaridade:** ensino superior em Biologia ou Agronomia, com um mínimo de dois anos de experiência ou treinamento em cultivo de espécies vegetais.
- **Competências Pessoais:** raciocínio dedutivo, raciocínio indutivo, orientação por detalhes.
- **Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos ou abertos e descobertos, trabalho em equipe.

## ● Bioinformáticos

Bioinformáticos aplicam recursos de informática, estatística e matemática à biotecnologia, para a resolução de problemas que envolvem grandes volumes de dados com inter-relacionamentos complexos. Definem especificações e parâmetros



operacionais de programas utilizados em análises estatísticas e simulações gráficas. Desenvolvem e implementam programas para analisar dados de pesquisas em biologia molecular e genética e dados de experimentos, testes e análises em outras ciências biológicas experimentais. Tratam e refinam dados para desenvolver hipóteses, modelos de funcionamento de sistemas biológicos, regras e padrões para tratamento de novos conjuntos de dados. Projetam, desenvolvem e mantêm bancos de dados. Auxiliam cientistas em análises estatísticas e no processamento e tratamento de dados. Identificam e resolvem problemas em bioinformática. Avaliam e realizam manutenções em programas para bioinformática.

- Escolaridade:** ensino superior em Ciências Biológicas com especialização em nível de pós-graduação, mestrado ou doutorado em Informática ou ensino superior em Informática com especialização em nível de pós-graduação, mestrado ou doutorado em Ciências Biológicas ou ensino superior em Informática.
- Competências Pessoais:** raciocínio dedutivo, raciocínio indutivo, orientação por detalhes.
- Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos, trabalho em equipe.

## Bioestatísticos

Bioestatísticos aplicam métodos estatísticos à resolução de problemas em biotecnologia. Analisam e interpretam dados de pesquisas para identificar diferenças significativas entre fontes de informação. Desenvolvem e testam técnicas de amostragem e métodos analíticos para o tratamento de dados. Avaliam métodos e procedimentos utilizados na obtenção de dados para assegurar sua validade, aplicabilidade, eficiência e precisão. Avaliam fontes de informação, para determinar limitações em termos de confiabilidade e capacidade de utilização. Estudam teorias para aprimorar métodos de obtenção e avaliação de dados numéricos. Identificam relações e tendências em dados, bem como fatores que

possam causar impactos em resultados de pesquisa. Preparam relatórios para apresentações e publicações.

- **Escolaridade:** ensino superior em Estatística com especialização em nível de pós-graduação, mestrado ou doutorado em Bioestatística.
- **Competências Pessoais:** capacidade de resolução de problemas complexos e raciocínio crítico.
- **Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos, trabalho em equipe.

## ● **Trabalhadores da Produção Farmacêutica**

Trabalhadores da Produção Farmacêutica monitoram processos de fabricação de medicamentos e de vacinas. Pesam, medem e alimentam equipamentos de processamento com quantidades específicas de insumos para a produção de remédios. Ajustam dispositivos de marcação de tempo e de controle, tais como mostradores e termostatos. Monitoram controles de equipamentos de processamento para transferir, filtrar ou misturar insumos. Monitoram instrumentos de registro como, por exemplo, medidores de fluxo de insumos e contadores de produtos. Monitoram indicadores de falhas de produção, como luzes em painéis luminosos e sinais sonoros. Operam equipamentos auxiliares, como aquecedores, filtros ou secadores, para preparar ou reprocessar remédios e vacinas.

- **Escolaridade:** ensino fundamental.
- **Competências Pessoais:** precisão, orientação por detalhes, capacidade de identificar problemas.
- **Condições de Trabalho:** trabalho realizado em locais fechados e cobertos, trabalho em equipe.



## 6 Conclusões

Ao longo das últimas décadas, novas descobertas ampliaram os conhecimentos na área de biotecnologias. Como resultado, as modernas biotecnologias passaram a conformar um sofisticado conjunto de tecnologias fundamentadas na microbiologia, química e biologia celular.

Empresas e instituições de pesquisas vêm cada vez mais utilizando biotecnologias no desenvolvimento de novos produtos e processos. Aplicadas ao meio ambiente, as biotecnologias ajudam a reduzir o consumo de matérias-primas e energia e a transformar processos e produtos industriais, evitando a poluição ambiental. No setor de saúde tem representado um importante papel no diagnóstico e tratamento de doenças. No setor de alimentos, estima-se que sua utilização poderá, num futuro próximo, responder a grandes questões mundiais, como a fome e a má nutrição.

Muitos desenvolvimentos em biotecnologias ainda se encontram em estágios iniciais de pesquisa. Os resultados destas pesquisas e os produtos que são lançados no mercado têm revelado um campo promissor. Este sucesso vem chamando a atenção de investidores e atraindo mais capital para esta área, principalmente ao longo dos últimos três anos.

A expansão do setor de biotecnologias e seus impactos sobre outros setores econômicos têm gerado muitas oportunidades de trabalho. Estas novas oportunidades, representadas principalmente por ocupações emergentes, trazem novos desafios para a formação profissional. O presente estudo representa um importante passo para melhor compreender o potencial das biotecnologias e seus impactos sobre o trabalho e conseqüentemente desenvolver recursos humanos com qualificações mais adequadas para atuação neste novo cenário.



# Referências

AusBiotech - Australian Biotech Association - Accessible at: [www.ausbiotech.org](http://www.ausbiotech.org).

Belanger F, C. Laramore, P. Kogan, B. Meyer, and P. Day. 2000. "Update on the

Rutgers creeping bentgrass biotechnology program." Proceedings of the Ninth

Annual Rutgers Turfgrass Symposium January 13-14, New Brunswick, NJ. Accessible at:

[www.aesop.rutgers.edu/~turf/docs/2000symposium/2000symposium.pdf](http://www.aesop.rutgers.edu/~turf/docs/2000symposium/2000symposium.pdf)

BioMed Center - Accessible at: [www.biomedcentral.com](http://www.biomedcentral.com)

BIO, Biotechnology Industry Organization Statistics - Accessible at: [www.bio.org](http://www.bio.org)

Bio Online - Accessible at: [www.bio.com](http://www.bio.com)

Bioinformatics - Accessible at: [www.bioinformatics.ca](http://www.bioinformatics.ca)

Biotechnology An Information Resource - Accessible at: [www.nal.usda.gov/bic](http://www.nal.usda.gov/bic)

Biotechnology Australia - Accessible at: [www.biotechnology.gov.au](http://www.biotechnology.gov.au)

Biotechnology - Presented at the 43rd Annual IDFTA Conference, February 6-9, Napier, New

Zealand. Accessible at: [www.idfta.org/cft/2000/april/cftapril2000p51.pdf](http://www.idfta.org/cft/2000/april/cftapril2000p51.pdf)

Biotechnology Information Directory Section - The World Wide Web Virtual Library -

[www.cato.com/biotech](http://www.cato.com/biotech).

Biotechnology - Global Issues, Office of International Information Programs, USA. Accessible at:

[usinfo.state.gov/topical/global/biotech](http://usinfo.state.gov/topical/global/biotech)

Biotechnology Programme (BIOTECH) - The European Commission - Accessible at: [europa.eu.int/comm/research/biot1.html](http://europa.eu.int/comm/research/biot1.html)

Biotech Scotland - Accessible at: [www.biotech-scotland.org](http://www.biotech-scotland.org)

BioSpace - Accessible at: [www.biospace.com](http://www.biospace.com)

Canadian Biotechnology Advisory Committee Annual Report 1999-2000 at: [http://cbac-cccb.ca/epic/internet/incbac-cccb.nsf/vwGeneratedInterE/h\\_ah00037e.html](http://cbac-cccb.ca/epic/internet/incbac-cccb.nsf/vwGeneratedInterE/h_ah00037e.html)

DuPont Biotechnology. 2001. Products with a promise. Accessible at: [www.dupont.com/biotech/difference/products.html](http://www.dupont.com/biotech/difference/products.html)

Ernst & Young, 2000, Convergence: Ernst & Young's Biotechnology Industry Report, Millennium Edition. Accessible at: [www.ey.com/GLOBAL/gcr.nsf/US/10-30-00\\_-\\_Release\\_-\\_News\\_Room](http://www.ey.com/GLOBAL/gcr.nsf/US/10-30-00_-_Release_-_News_Room)

FAO, 2000, Fisheries FactFile- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Accessible at: [www.fao.org/fi/fifacts/newfact.asp](http://www.fao.org/fi/fifacts/newfact.asp)

Food Biotechnology Communications Network - Accessible at: [www.foodbiotech.org](http://www.foodbiotech.org)

ICGEB - The International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology - Accessible at: <http://www.icgeb.trieste.it>

Johnson, D. Gale; "Biotechnology Issues for Developing Economies". EJB Electronic Journal of Biotechnology ISSN: 0717-3458, 2002, Universidad Católica de Valparaíso - Chile. Accessible at: [www.ejb.org/content/vol5/issue1/issues/01/index.html](http://www.ejb.org/content/vol5/issue1/issues/01/index.html)

North Carolina Biotechnology Center - Accessible at: [www.ncbiotech.org](http://www.ncbiotech.org)

NCBE - National Centre for Biotechnology Education - Accessible at: [www.ncbe.reading.ac.uk/](http://www.ncbe.reading.ac.uk/)

OECD, Biotechnology for Clean Industrial Products And Processes - Towards Industrial Sustainability, Report, 1998

Pew Initiative on Food and Biotechnology, "Harvest on de Horizon: Uses of Agricultural Biotechnology", Pew, September, 2001

Signals, "The Numbers Game". Accessible at: [www.signalsmag.com](http://www.signalsmag.com).

The New Zealand Biotechnology Association - Accessible at: [www.biotech.org.nz](http://www.biotech.org.nz)

The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability - An OECD Report - Accessible at: <http://www.oecd.org/oecd/pages/home/displaygeneral/0,3380,EN-document-27-nodirectorate-no-12-21620-27,FF.html>

Washington Biotechnology and Medical Technology Association. Accessible at: [www.wabio.com](http://www.wabio.com)





**SENAI/DN**

**Unidade de Tendências e Prospecção – UNITEP**

*Luiz Antonio Cruz Caruso*

Coordenador

**Superintendência de Serviços Compartilhados - SSC**

Área Compartilhada de Informação e Documentação – **ACIND**

*Sylena Alexandre*

Normalização Bibliográfica

---

Elaboração

*Maria Ilca de Souza Lima*

*Rita Torre*

Revisão ortográfica

*Image Up*

Projeto Gráfico e Diagramação