

## Tecnologia da Informação na Agropecuária – estado da arte, tendências futuras e proposta de atuação



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Informática Agropecuária  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Documentos 154**

## **Tecnologia da Informação na Agropecuária – estado da arte, tendências futuras e proposta de atuação**

*Kleber Xavier Sampaio de Souza  
Adilson de Oliveira Junior  
Camilo Carromeu  
Edilson Batista de Oliveira  
Fabiano Mariath D'Oliveira  
Fábio Gelape Faleiro  
Lúcio Andre de Castro Jorge  
Wagner Antonio Arbex*

Embrapa Informática Agropecuária  
Campinas, SP  
2017

## **Embrapa Informática Agropecuária**

Av. Dr. André Tosello, 209 - Cidade Universitária, Campinas - SP

Fone: (19) 3211-5700

<https://www.embrapa.br/informatica-agropecuaria>

## **Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: Giampaolo Queiroz Pellegrino

Secretária-Executiva: Carla Cristiane Osawa

Membros: Adriana Farah Gonzales, Carla Geovana do Nascimento

Macário, Flávia Bussaglia Fiorini, Ivo Pierozzi Júnior, Kleber X.

Sampaio de Souza, Luiz Antonio Falaguasta Barbosa, Maria Goretti

G. Praxedes, Paula Regina K. Falcão, Ricardo Augusto Dante,

Sônia Ternes

Suplentes: Jayme Barbedo, Michel Yamagishi e Goran Nestic

Supervisão editorial: Kleber X. Sampaio de Souza

Revisão de texto: Adriana Farah Gonzales

Normalização bibliográfica: Maria Goretti G. Praxedes

Editoração eletrônica: Tuíra Santana Favarin, sob supervisão de

Flávia Bussaglia Fiorini.

Foto da capa: Lilian Alves/Embrapa

**1ª edição on-line - 2017**

### **Todos os direitos reservados**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

**Nome da Unidade catalogadora**

---

Tecnologia da informação na agropecuária – estado da arte, tendências futuras e proposta de atuação / Kleber Xavier Sampaio de Souza [et al.]. - Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2017.

51 p. : il. - (Documentos / Embrapa Informática Agropecuária , ISSN 1677-9274 ; 154).

1. Tecnologia da informação. 2. Planejamento estratégico. 3. Agricultura. 4. Ciência da computação. I. Souza, Kleber Xavier de. II. Título. III. Embrapa Informática Agropecuária. IV. Série.

CDD 004

# **Autores**

## **Kleber Xavier Sampaio de Souza**

Engenheiro Eletricista, Doutor em Telemática,  
pesquisador da Embrapa Informática  
Agropecuária, Campinas, SP.

## **Adilson de Oliveira Junior**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e  
Nutrição Mineral de Plantas, Pesquisador da  
Embrapa Soja, Londrina, PR.

## **Camilo Carromeu**

Cientista da Computação, Mestre em Engenharia  
de Software, analista da Embrapa Gado de Corte,  
Campo Grande, MS.

## **Edilson Batista de Oliveira**

Engenheiro agrônomo, Dr. em Engenharia  
Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas,  
Colombo, PR.

## **Fábio Gelape Faleiro**

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Genética e  
Melhoramento, pesquisador da Embrapa Cerrados,  
Planaltina, DF.

## **Wagner Arbex**

Matemático, Doutor em Engenharia de Sistemas e  
Computação, analista da Embrapa Gado de Leite,  
Juiz de Fora, MG.



# Apresentação

Os avanços no processamento da informação, juntamente com as áreas de nanotecnologia, biotecnologia e ciência cognitiva, estão promovendo uma convergência denominada Nano-bio-info-cogno. Esta convergência tem sido apontada como promissora de grandes avanços para a humanidade nas próximas décadas. Um exemplo é a biologia sintética, que envolve a manipulação biológica em escala nanométrica para a construção de sistemas que não existem no mundo natural.

O papel da Tecnologia da Informação (TI) neste cenário é central, pois esta tem sido apontada como o terceiro pilar da pesquisa científica, juntamente com os outros dois, que são a teoria e a experimentação. Com a quantidade de informação disponível nos dias de hoje, na escala do exabyte, os dados disponíveis para análise são tamanhos que se pode fazer inferências sobre eles antes mesmo de se possuir uma teoria que relacione causa-efeito. A análise matemática sobre os dados pode ser feita antes e a contextualização do que foi aprendido a posteriori.

O presente trabalho discute o papel da TI como ferramenta central na pesquisa, desenvolvimento e inovação na agropecuária e propõe a criação de um Portfólio de TI como forma de catalisar e estruturar as ações desta área na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). Para sua elaboração foram analisados estudos prospectivos

desenvolvidos por organismos nacionais e internacionais, e consultadas todas as Unidades da Embrapa.

Também foram considerados os projetos constantes no sistema de gestão da programação da Embrapa e os portfólios e arranjos da Empresa que interagem mais fortemente com a TI. Como resultado, propõe-se um arcabouço que contempla desde a questão da gestão dos dados até as potenciais áreas de aplicação da TI na agropecuária.

*Sílvia Maria Fonseca Silveira Massruhá*  
Chefe Geral da Embrapa Informática Agropecuária

# Sumário

|   |    |
|---|----|
| <b>Estado da Arte</b> .....   | 10 |
| O Papel Estratégico da Tecnologia da Informação (TI) .....  | 12 |
| A Ciência dos Dados e suas Implicações na Filosofia da<br>Ciência .....                                 | 14 |
| Pressão do Big Data e da Ciência de Dados sobre o<br>Processamento Computacional .....                  | 17 |
| Iniciativas em Ciência de Dados e eScience no Brasil e<br>a Questão do Compartilhamento dos Dados ..... | 19 |
| <b>Situação atual do Tema na Embrapa</b> .....  | 21 |
| A questão dos Dados da Pesquisa .....   | 21 |
| Processamento e Análise da Informação .....   | 24 |
| Histórico da TI Bimodal na Embrapa .....  | 27 |
| <b>Caminho Técnico-Científico</b> .....   | 28 |
| <b>Desenvolvimento de Produto e Mercado</b> .....   | 29 |
| <b>Importância do Portfólio e sua Inter-relação com outros<br/>Portfólios e Arranjos</b> .....          | 36 |
| <b>Estrutura do Portfólio e Mapa de Oportunidades</b> .....   | 39 |
| Objetivo Geral .....  | 39 |
| Objetivos Específicos .....   | 39 |
| Linhas Temáticas .....  | 39 |
| <b>Agradecimentos</b> .....   | 45 |
| <b>Referências</b> .....  | 46 |
| <b>Literatura recomendada</b> .....   | 50 |





# Tecnologia da Informação na Agropecuária – estado da arte, tendências futuras e proposta de atuação

---

*Kleber Xavier Sampaio de Souza, Adilson de Oliveira Junior, Camilo Carromeu, Edilson Batista de Oliveira, Fabiano Mariath D'Oliveira, Fábio Gelape Faleiro, Lúcio Andre de Castro Jorge, Wagner Antonio Arbex*

## Estado da Arte

De acordo com a IBM, todos os dias a humanidade gera 2,5 exabytes ( $2,5 \times 2^{60}$ ), ou seja 2,5 quintilhões de bytes de dados<sup>1</sup>. Para se ter uma ideia dessa ordem de grandeza, 50 petabytes, ou seja, 0,05 exabytes é tudo o que a humanidade já escreveu até hoje desde o aparecimento da escrita. Ainda mais surpreendente é o fato de o Google processar diariamente mais e 20 petabytes de dados, ou seja, todos os dias ele processa quase metade de tudo o que já foi escrito. Esse volume de informação obviamente demanda mais e mais formas de processá-la adequadamente para consumo de tomadores de decisão, cientistas e sociedade em geral.

Os avanços no processamento da informação, juntamente com as áreas de nanotecnologia, biotecnologia e ciência cognitiva, estão promovendo uma convergência Nano-bio-info-cogno. No Relatório NBIC<sup>2</sup> (ROCO; BAINBRIDGE, 2003), elaborado sob encomenda da National Science Foundation (NSF) dos Estados Unidos, mais de 100

---

<sup>1</sup> Disponível em: <<https://www-01.ibm.com/software/data/bigdata/what-is-big-data.html>>.

<sup>2</sup> *Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*

cientistas apontaram a sinergia entre nanotecnologia, biotecnologia, tecnologia da informação e ciência cognitiva como o segmento com maior potencial de avanço na inovação para os próximos 20 anos. Este relatório destaca que as abordagens sistêmicas com o uso da matemática e computação permitirão pela primeira vez entender o funcionamento de sistemas complexos existentes no mundo natural, tais como a mente humana, explosões estelares, interações sociais e órgãos do corpo humano, entre outros.

Agências de fomento à pesquisa, entendendo o caráter estratégico dessa sinergia, já estão financiando projetos de grande porte na junção entre tecnologia da informação e ciência cognitiva, como o projeto bilionário *Human Brain Project*<sup>3</sup>, financiado pela Comunidade Europeia, rapidamente seguido pelo *Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies*<sup>4</sup>. São projetos que buscam entender e simular em computador tanto processos ligados à cognição, emoção e percepção, quanto a doenças como Alzheimer e Parkinson e as distúrbios cerebrais, como depressão, anorexia e stress pós-traumático.

Diante desses desafios, aliados a uma mudança de cenário global, onde a transformação digital está sendo o diferencial competitivo das organizações, são necessárias mudanças profundas na cultura organizacional e de Tecnologia da Informação (TI).

Para garantir o comprometimento da alta gestão com a mudança para a transformação digital são necessários símbolos e atitudes mais fortes que realmente demonstrem a vontade da organização para mudança e ações que legitimem o comprometimento com a criação de novos serviços, novos valores e novas prioridades (POTTER, 2014). Organizações líderes de mercado estão definindo sua arquitetura empresarial para suportar os negócios digitais organizados por meio de portfólios de tecnologias, produtos e serviços. Sobre esta arquitetura de portfólios se constroem os resultados orientados ao negócio.

---

<sup>3</sup> Disponível em: <<https://www.humanbrainproject.eu/>>.

<sup>4</sup> Disponível em: <<http://braininitiative.nih.gov/>>.

## O Papel Estratégico da Tecnologia da Informação (TI)

O Relatório, elaborado pelo Comitê Assessor da Presidência dos Estados Unidos (ESTADOS UNIDOS (2005)), reforçou o papel da TI como o terceiro pilar da pesquisa científica, juntamente com a teoria e a experimentação. Também demonstrou preocupação com a eventual perda de competitividade americana em produzir ciência e tecnologia, caso não adotasse a TI como área estruturante.

O relatório aponta o poder real da ciência da computação, por exemplo, em simulações biomoleculares para explorar áreas de pesquisa impossíveis via experimentação. Em avanços recentes, complexos proteicos que antes eram vistos como entidades estáticas com funções biológicas bem definidas, agora são vistos como máquinas moleculares eficientes, dinamicamente ativas em estreita associação com suas estruturas e funções. A modelagem arquitetural de plantas e a bioinformática vão permitir, quando suficientemente desenvolvidas, aumentar a precisão e a acurácia dos experimentos realizados em campo.

O relatório *Nanofronteiras: Visões para o Futuro da Nanotecnologia* (SCHMIDT, 2007), organizado pela NSF e National Institutes of Health (NHI) dos Estados Unidos, apontou o papel crucial da TI tanto na organização da informação de uma biblioteca sobre o mundo nanométrico (*Nano Library*), quanto no tratamento da informação gerada por nanossensores. A manipulação da matéria no nível de átomos e moléculas, realizada em escala nanométrica, está beneficiando a chamada biologia sintética: o projeto e a construção de novas partes, dispositivos e sistemas que não existem no mundo natural, bem como o reprojeto dos sistemas biológicos existentes para executar tarefas específicas.

Em estudo elaborado (EXTREME..., 2007) para o governo canadense, comenta-se que não existe barreira técnica à síntese de plantas e animais e que isto ocorrerá logo que alguém se disponha a financiar. Neste mesmo estudo, um pesquisador do Massachusetts Institute

of Technology (MIT) prevê que os engenheiros biológicos do futuro começarão o trabalho em seus laptops, não nos laboratórios. Como a biologia sintética é formada pela convergência entre a biotecnologia, a engenharia e a computação, os depósitos de patentes e outras formas de proteção intelectual podem envolver não apenas os organismos sintéticos e os processos de produção biológicos, como também computadores e software usados no processo.

Outro aspecto vinculado aos organismos sintéticos diz respeito à conservação: quando, em 2005, “biólogos sintéticos” anunciaram que haviam ressuscitado e reconstruído uma versão funcional do vírus da gripe de 1918, eles anteciparam o início da era da biodiversidade eletrônica (armazenamento eletrônico de DNA).

O modelo adotado atualmente pela Embrapa e por todos os membros da Federação Mundial de Coleções de Cultura é o armazenamento de amostras de vírus, bactérias, fungos, plantas e animais em bancos de material genético. Este material é livremente transportado de um banco para outro segundo um processo controlado de intercâmbio. Provavelmente, este modelo nunca será substituído pelo armazenamento biológico ou eletrônico de DNA, entretanto estratégias inovadoras e complementares poderão ser desenvolvidas utilizando o princípio da biodiversidade eletrônica.

Para o caso dos organismos mais simples, o que os entusiastas da biologia sintética comentam é que, havendo recursos financeiros suficientes, todas as 1,3 milhões de amostras de microorganismos poderiam ser sequenciadas e armazenadas digitalmente. Juntando-se esta informação aos Bancos de Dados de Nucleotídeos, que inclui a Biblioteca Digital do European Molecular Biology Laboratory (EMBL), o Banco de dados de DNA do Japão e o GenBank dos Estados Unidos, ter-se-ia uma grande biblioteca digital de dados brutos da qual os biólogos sintéticos poderiam se valer para construir novas formas de vida. A Google já anunciou seu desejo de armazenar todos os dados de genoma sequenciados no planeta, com a ideia de tornar o uso dos bancos de DNA tão simples quanto seu motor de busca textual.

Desde que os resultados da biologia sintética foram utilizados na reconstrução de vírus, os cientistas vêm buscando sua aplicação em organismos mais complexos, como as bactérias. A equipe do engenheiro químico Jay Keasling, da Universidade da Califórnia em Berkeley, conseguiu implantar genes de *Artemisia annua* em uma célula simples de levedura e ainda reprogramou alguns genes para transformar açúcar em artemisinina, a mais poderosa droga antimalária disponível no mercado com 90% de taxa de cura (INTERLANDI, 2008). Com este resultado, a levedura transgênica pode ser cultivada em um caldo de glicose, a qual é transformada em grandes volumes de artemisinina em questão de horas, reduzindo drasticamente o custo de fabricação de um medicamento para esta doença parasitária que, segundo o *World Report Malaria* (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2015), atinge anualmente mais de 200 milhões de pessoas, levando a óbito cerca de 500 mil. Ainda mais interessante nesse resultado é que o cientista compartilhou o kit molecular gratuitamente com seus colegas e ainda trabalhou com grandes empresas farmacêuticas para assegurar que ninguém, nem mesmo ele, iria se beneficiar do novo sistema patenteado.

## **A Ciência dos Dados e suas Implicações na Filosofia da Ciência**

A Computação Ubíqua e Internet das Coisas, a miniaturização dos dispositivos até a escala nanométrica, os resultados dos sequenciamentos de genomas e as redes de sensores, dentre outras aplicações da computação têm gerado um volume cada vez maior de dados, com crescente variedade e velocidade de coleta, resultando no que se chama de Big Data (LEITE et. al., 2014).

Este acúmulo constante nos dados resulta na possibilidade de construir ciência de outra forma: ao invés de construir teorias suportadas por exercício mental sobre teorias previamente estabelecidas, usando os dados simplesmente para validá-las, o aprendizado de máquina pode inverter este processo construtivo. Os dados em abundância e o processamento computacional massivo podem auxiliar na investigação científica (DHAR, 2013) dentro de um processo que tem sido chamado

de *Data Science*, ou Ciência de Dados.

Em artigo escrito em 2008 o editor da Wired Magazine, Chris Anderson (ANDERSON, 2008), discorre sobre o fim da teoria. Este artigo inicia com uma frase do estatístico inglês George Box que afirma que “todos os modelos estão errados, mas alguns são úteis”. Isto decorre do fato de que modelos são aproximações/simplificações de uma realidade que se deseja representar e, sendo simplificações, algum aspecto ficará de fora dos modelos teóricos.

Na era da informação na escala do exabyte, os dados disponíveis para análise são tamanhos que se pode fazer inferências sobre eles antes mesmo de se possuir uma teoria que relacione causa-efeito. A análise matemática sobre os dados pode ser feita antes e a contextualização do que foi aprendido a posteriori. Exemplificando, o tradutor do Google não entende a semântica dos dados, nem o sistema computacional Watson da IBM, capaz de responder perguntas em linguagem natural, entende o significado das perguntas do jogo de perguntas e respostas Jeopardy, transmitido pela televisão americana. Tudo é feito matematicamente por algoritmos de aprendizado de máquina que não compreendem a natureza dos dados que estão tratando. Apesar disto, as traduções estão melhores a cada dia e o Watson venceu seus concorrentes humanos no Jeopardy. A Ciência de Dados se apoia sobretudo em análise estatística e aprendizado de máquina.

O Tradutor do Google<sup>5</sup>, iniciando em 2006 com traduções baseadas em aprendizado de máquina entre inglês e árabe, chinês e russo, em menos de dez anos já oferece 103 idiomas que cobrem 99% da população online. Para a adição de um novo idioma ao tradutor, o Google usa uma combinação de tecnologia de aprendizagem de máquina para identificar padrões estatísticos nos textos existentes na web, e com contribuições da comunidade, corrige eventuais erros que a inteligência artificial venha a cometer.

---

<sup>5</sup> Disponível em: <<http://googletranslate.blogspot.com.br/>>.

Na construção científica apreende-se que não existe efeito sem causa e que a mera correlação matemática pode ser apenas coincidência. Entretanto, grande parte dos modelos sobre sistemas complexos como, por exemplo, os que envolvem interações sociais, economia e interações solo-planta-atmosfera são inerentemente incompletos. O que está por trás da escolha dos modelos resultantes do aprendizado de máquina pode ser sintetizado pela atualização que Peter Norvig, consagrado autor de livros sobre inteligência artificial, fez da frase de Box: “todos os modelos estão errados, e mais, você pode obter sucesso sem eles”.

Na física, o modelo newtoniano foi sucedido pelo einsteiniano, que também não responde adequadamente às questões do mundo subatômico. Para tanto estão sendo construídas teorias n-dimensionais para as quais são necessários aceleradores de partículas caríssimos capazes de comprová-las ou refutá-las à luz novamente de um modelo. Eis o porquê da preferência de um simples modelo preditivo, baseado na análise dos dados, em detrimento de uma teoria incompleta, já que este modelo também pode ser atualizado periodicamente.

A biologia também tem desafiado a teoria: as redes de interação gênicas entre o DNA e o ambiente tem refutado o que parecia ser determinado apenas pelo DNA. Anderson (2008) comenta em seu artigo que Craig Venter, cientista pioneiro em biologia sintética, iniciou sequenciando organismos individuais e passou a sequenciar ecossistemas inteiros e, com isto, acabou por descobrir milhares de bactérias e outras formas de vida desconhecidas, tendo “avançado a biologia mais do que qualquer outro da sua geração”, e tudo o que ele usou foram algoritmos matemáticos.

Avanços também têm sido obtidos na Neurociência (HUANG, 2008): em 1983 os cientistas da computação George Hinton e Terry Sejnowski sugeriram que o cérebro poderia ser visto como uma máquina que toma decisões baseadas na incerteza sobre o mundo exterior. Esta ideia foi aprimorada no início dos anos 90, quando Hinton percebeu que o princípio da energia livre da termodinâmica



poderia ser aplicado para minimizar a diferença entre o que as redes neurais artificiais prediziam e o que sentiam na realidade. A ideia foi levada adiante pelo neurocientista Karl Friston e seu grupo da University College London (FRISTON, 2010).

Eles se perguntaram se cérebros reais se comportam de acordo com esse princípio e acabaram por verificar que ele explica pelo menos uma das funções cerebrais: a percepção. Este avanço na compreensão da Neurociência sobre funções cerebrais foi causado por um avanço na Ciência da Computação, demonstrando o caráter entrelaçado entre os avanços na computação e nas ciências da vida.

## **Pressão do Big Data e da Ciência de Dados sobre o Processamento Computacional**

Toda essa atividade científica fortemente apoiada na computação constitui uma enorme pressão no aumento do poder de processamento computacional que já começa a dar sinais de arrefecimento. Em 1965, o presidente da Intel, Gordon Moore, previu que a cada 18 meses a capacidade dos processadores duplicaria, o que se tornou conhecido como Lei de Moore. Ocorre que, ao se aproximar da escala atômica, previu-se também, em 2006, que esta ascensão não poderia ocorrer indefinidamente, tendo o seu fim previsto para 2020 (MOORE, 2006).

Várias soluções têm sido propostas para avançar neste limite. Em 2003, Phil Kuekes, cientista do laboratório de ciência quântica da HP obteve a patente de um chaveador “crossbar” que permite a construção de portas lógicas explorando junções em escala molecular entre nanofios que se cruzam perpendicularmente (KUEKES, 2003).

A Computação Quântica também tem se mostrado promissora, pois ao invés de operar em apenas dois estados, o zero e o um, opera em qualquer superposição quântica desses dois estados. Entretanto, está restrita a uma classe de problemas, como a fatoração de grandes números e a quebra de códigos criptográficos.

Outra possibilidade são os computadores neuromórficos (MONROE,

2014). Na computação tradicional, os dados são trazidos da memória, processados e armazenados novamente na memória, processo conhecido como arquitetura von Neumann. Nos computadores neuromórficos, armazenamento e processamento ficam juntos, e não separados como ocorre na arquitetura von Neumann. O conjunto enorme de “neurônios primitivos” contendo dados e instruções de processamento, cada um se comunicando com outros milhares de neurônios, imitando o que ocorre no cérebro é o que caracteriza os computadores neuromórficos. A proximidade de armazenamento e processamento torna estes computadores extremamente eficientes do ponto de vista energético.

Correntemente, os computadores neuromórficos estão sendo desenvolvidos como parte do já mencionado projeto *Human Brain Project*, o que demonstra novamente o avanço entrelaçado da neurociência com a computação.

Além do aumento da demanda por processamento, tem-se também o aumento da capacidade de armazenamento, que também segue a Lei de Moore. Apenas para citar um exemplo, o Grande Colisor de Hádrons (LHC) do Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN) gera 30 petabytes de dados brutos por ano que necessitam ser analisados por um “grid” de computadores em rede que compreende 140 centros de computação distribuídos em 35 países.

A principal abordagem para a demanda maciça de processamento tem sido o processamento em grid e a computação paralela, mas a natureza das aplicações nem sempre permite que se escolha estes modelos de processamento. Jacek Becla, do *National Accelerator Laboratory* nos Estados Unidos comenta que, normalmente, na computação de alto desempenho tem-se poucos dados e pouca entrada e saída (I/O) destes dados, diferentemente do que ocorre na era do Big Data, em que se tem que trabalhar com um trilhão de informações em memória de uma só vez (WRIGHT, 2014).

A necessidade intensiva de transferir dados da/para a memória tem

se revelado um desafio à construção de aplicações que explorem paralelismo, pois na maior parte do tempo o processador permanece em estado ocioso à espera de que o dado seja obtido da memória para que o processamento possa continuar. Isto significa que as aplicações devem ser construídas para transferir a maior quantidade de dados possível para trabalhar na memória e otimizar as aplicações para explorar o paralelismo neste cenário.

A capacitação necessária no currículo para os que trabalham com Big Data e Ciência de Dados é ampla, pois inclui computação distribuída, computação paralela, computação tolerante a falhas, estatística, especialmente a Bayesiana, conhecimento sobre correlação e causalidade, e habilidade para formulação de problemas que resultem em soluções efetivas (DHAR, 2013). O futuro para quem desenvolve aplicações voltadas para as ciências da vida e, em particular, para a agricultura é bastante promissor e desafiador. Certamente o que não ocorrerá será a monotonia.

## **Iniciativas em Ciência de Dados e eScience no Brasil e a Questão do Compartilhamento dos Dados**

Pesquisadores brasileiros, conscientes da necessidade de promover uma maior interação entre si e com seus pares no exterior estão cada vez mais preocupados em implementar plataformas que favoreçam essa colaboração. Em abril de 2015, o Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP) promoveu o I *Workshop sobre Ciência de Dados*<sup>6</sup> com objetivo de avaliar como esta nova abordagem poderia ajudar a responder velhas questões e propor novas, mudando a forma de fazer ciência e contribuindo também para uma maior integração entre áreas científicas diversas.

O ponto central em relação ao problema de se estabelecer um programa científico compartilhado com parceiros nacionais e

---

<sup>6</sup> Disponível em: <<http://www.iag.usp.br/evento/i-workshop-ciencias-dados-big-data>>.

internacionais é questão do compartilhamento dos dados. Esta iniciativa já está difundida na Europa e nos Estados Unidos, que disponibilizam dados de pesquisa para que possam ser utilizados por outros pesquisadores, encurtando o caminho da pesquisa.

No Brasil, a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) lançou em novembro de 2015 o primeiro banco público de dados genômicos da América Latina<sup>7</sup>. Trata-se do resultado da *Brazilian Initiative on Precision Medicine* (BIPMed), criada para prover condições para implantar a medicina de precisão no Brasil, abrindo caminho tanto para a medicina genômica e personalizada como para a preventiva. Os primeiros dados depositados na BIPMed foram provenientes de cinco Centros de Pesquisa, Inovação e Difusão (CEPIDs) apoiados pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), dentre eles o Centro de Pesquisa em Engenharia e Ciências Computacionais, que possui dentre suas áreas de pesquisa *Data Ciberstructure* e *High Performance and Data-intensive Computing*.

Ainda em novembro de 2015, ocorreu o *I Workshop on Open Data Science*<sup>8</sup>, promovido pela Escola Politécnica da USP. Neste workshop foram apresentadas as iniciativas americanas DataOne<sup>9</sup>, financiada pela *National Science Foundation* (NSF), e *Atmospheric Radiation Measurement Program* (ARM)<sup>10</sup>, financiada pelo Departamento de Energia.

---

<sup>7</sup> Disponível em: <[http://agencia.fapesp.br/primeiro\\_banco\\_publico\\_de\\_dados\\_genomicos\\_da\\_america\\_latina\\_e\\_lancado/22255/](http://agencia.fapesp.br/primeiro_banco_publico_de_dados_genomicos_da_america_latina_e_lancado/22255/)>.

<sup>8</sup> Disponível em: <<http://wds.poli.usp.br/wds/>>.

<sup>9</sup> Disponível em: <[www.dataone.org](http://www.dataone.org)>.

<sup>10</sup> Disponível em: <[www.arm.org](http://www.arm.org)>.

## Situação atual do Tema na Embrapa

### A questão dos Dados da Pesquisa

Várias das tendências mundiais relativas à inserção da TI na agricultura foram apontadas durante a elaboração do documento *Visão 2014-2034* (EMBRAPA, 2014). Do ponto de vista dos processos de organização, integração, disponibilização, promoção e uso dos dados, estão previstas aplicações destes processos em dados climáticos, hidrológicos, de solos, de fauna e flora, agrícolas, socioeconômicos e das ciências ômicas.

Ainda nessa vertente estão o acesso, adaptação, e desenvolvimento de inovações para gestão da informação e do conhecimento, incluindo as redes colaborativas, ontologias, web social, web semântica e transmídias, dentre outras. Segundo Embrapa (2014 p. 143):

É fundamental viabilizar sua integração, sua interatividade, e sua interoperabilidade com sistemas externos (nacionais e internacionais), seguindo a tendência internacional de acesso aberto ao conhecimento científico [...].

Isto mostra que a Embrapa está interessada e alinhada com o compartilhamento de suas informações com a comunidade científica. Entretanto, ainda há muito o se fazer nesse âmbito. A empresa disponibiliza dados climáticos, de solos, geoespaciais, de recursos fitogenéticos, de herbários e de suas publicações, mas a grande maioria dos dados coletados nos projetos de pesquisa ainda se encontram nas mãos apenas daqueles que os geraram.

Uma busca no Sistema de Gerenciamento da Programação da Embrapa (Ideare), em novembro de 2015, revelou duas iniciativas que abordam o tema do ponto de vista da construção de uma estrutura de armazenamento que atenda a toda a Empresa:

1. Arranjo DataExp, cujo objetivo é criar e organizar uma plataforma institucional de hardware e software para armazenamento e

processamento de grandes volumes de dados em apoio aos projetos de pesquisa financiados ou cofinanciados pela Embrapa. Os quatro projetos previstos para este arranjo já se encontram em execução para: a) montar infraestrutura computacional para armazenamento e processamento; b) construir sistema de informação sobre marcadores moleculares e rotas metabólicas para dados genômicos e metabolômicos de arroz e feijão relativos à tolerância a seca; c) integrar dados genômicos e fenotípicos de bovinos de corte visando otimizar recursos genéticos, econômicos e ambientais; d) montar plataforma computacional de alto desempenho.

2. Projeto SiExp, cujo objetivo é estabelecer um processo informatizado de aquisição, armazenamento, disponibilização e segurança dos dados de experimentos da Embrapa. Os dados a serem armazenados seguem padrões experimentais para espécies vegetais de cultivo anual; espécies perenes e espécies animais e forrageiras definidos pelas Unidades Piloto do projeto. Além do software via Web e para tablet, o sistema propôs uma norma de propriedade e acesso dos dados experimentais da Embrapa.

Ainda no Ideare, foram encontrados 96 projetos para criação de bancos de dados e/ou bases de dados sobre temas diversos, tais como bancos de germoplasma, de recursos genéticos microbianos, de conservação *in situ* de equídeos, de dinâmica de gases de efeito estufa, de estoque de carbono em florestas, de parâmetros fisiológicos e metabólicos do café, de dados genômicos, de dados transcriptômicos, sobre anemia infecciosa equina, de instrumentos para apoiar políticas públicas, sobre competitividade da heveicultura, sobre pegada hídrica da cana-de-açúcar, de melhoramento genético leiteiro, sobre recomposição de reservas legais, dentre vários outros temas.

Entretanto, um olhar mais atento sobre os projetos acima também revela que muitos se referem apenas à atualização de bases de dados preexistentes e apenas uma fração realmente implementa uma base de dados nova. Outra questão que deixa dúvida é se as bases de

dados serão de acesso restrito ou se estarão disponíveis para futuras pesquisas da Embrapa ou para o público em geral.

A exemplo do que propõe a Infraestrutura Nacional de Dados Especiais (Inde), da qual a Embrapa faz parte, uma ação efetiva da Empresa poderia ser o incentivo à construção de bases de dados que, após sua criação e uso durante o projeto, seriam colocadas à disposição da pesquisa na Embrapa e ao público em geral. Uma proposta nesse sentido foi elaborada por membros do Projeto SiExp citado anteriormente.

Existem também dados que podem ser coletados de redes sociais, como o Twitter e que podem ser usados tanto em projetos de pesquisa e desenvolvimento, quanto para municiar líderes de negócio a tomarem melhores decisões no que se refere às estratégias de novos produtos digitais para fortalecer a comunicação empresarial, a imagem da empresa e seu relacionamento com a sociedade.

Outras bases de dados são fundamentais para subsidiar os trabalhos tanto dos projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), quanto dos Observatórios do Agropensa e de outros estudos estratégicos, tais como as bases do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e outras. Tais bases são essenciais tanto para análise descritiva quanto preditiva, auxiliando, por exemplo, na identificação de macrotemas de pesquisa e na avaliação de impacto das tecnologias agropecuárias geradas pela Embrapa.

Os sistemas de Business Intelligence (BI), como os que a Embrapa utiliza, incluem várias ferramentas de análise da informação, tais como mineração de dados e de textos, que, aliadas à computação em nuvem, permitem o oferecimento de serviços de processamento e análise para as Unidades Centrais e Descentralizadas que não geram tecnologia agropecuária fortemente concentrada em TI, promovendo assim maior agilidade e economia de escala.

É importante destacar, ainda, todo o esforço realizado no âmbito do projeto especial Governança de Dados e da Informação para o Conhecimento na Embrapa: Desenvolvimento de Modelo e Plano de Implantação, coordenado pela Embrapa Informação Tecnológica. Em Nota Técnica do projeto, elaborada em setembro de 2015, aponta-se:

“Em termos práticos, o que se entende por dado de pesquisa varia de acordo com a disciplina, a área do conhecimento, o contexto e até mesmo com a destinação ou finalidade. A fotografia de uma construção municipal depositada em um arquivo histórico, por exemplo, pode não representar muito para um agrônomo, enquanto que, para um historiador, aquela fotografia torna-se um dado de pesquisa. Observa-se, assim, que dados produzidos no âmbito de um determinado projeto podem ser utilizados em uma agenda de pesquisa completamente diferente, por outro grupo de pesquisadores”.

O projeto recomenda à gestão da Empresa que estimule e reforce a prática do gerenciamento e compartilhamento dos dados da pesquisa, oferecendo aos detentores ferramentas adequadas e garantindo-lhes o crédito pelos dados citados.

Outra ação importante seria o incentivo à criação de ambientes de workflow científico, catálogos e de plataformas de coleta e gestão de dados que contemplassem as questões de interoperabilidade, natureza dos dados, escala (Big Data) e autoria, dentre outras. A criação destes ambientes, além de favorecer o reúso da informação, permitiria que as atividades de pesquisa fossem desenvolvidas no modelo de Ciência Aberta (*Open Science*), conforme descrito na seção sobre Ciência de Dados e *eScience*.

## Processamento e Análise da Informação

---

<sup>11</sup> Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/informatica-agropecuaria/relatorio-destaques-2015-2016/pesquisa-e-desenvolvimento/destaques/arranjo-agromqcc>>.



Em novembro de 2015 foi aprovado o Arranjo Métodos Quantitativos Avançados e Computação Científica na Pesquisa Agropecuária (AgroMQCC)<sup>11</sup>, com o objetivo de “promover o avanço do conhecimento, impulsionar a aplicação de técnicas e ferramentas em métodos quantitativos, modelagem matemática e computação científica e subsidiar a Embrapa no enfrentamento dos desafios complexos da pesquisa agropecuária brasileira.”

Este arranjo é bastante abrangente do ponto de vista de aplicação de métodos e técnicas da matemática e da computação, pois propõe como temas: Probabilidade e Estatística, Modelagem Matemática, Inteligência Computacional e Computação Científica, além do Desenvolvimento de Recursos Computacionais e Transferência de Conhecimento.

A questão da inteligência analítica e modelagem também foi abordada em Embrapa (2014), que apontou o uso de inteligência analítica e modelagem nas seguintes aplicações:

- 1) Estabelecimento de sistemas de produção mais eficientes.
- 2) Análise integrativa de dados da biologia avançada, especialmente no campo da interação entre genes, proteínas e metabolismo, fortalecendo a biologia de sistemas com foco na produtividade e na sustentabilidade nos setores agroalimentar e agroindustrial.
- 3) Desenvolvimento de aplicações computacionais em apoio à biologia sintética, biossimulação, bioprospecção e fabricação baseada em conhecimentos de base biológica.
- 4) Processamento de dados provenientes do sensoriamento remoto.
- 5) Desenvolvimento de sistemas de apoio à tomada de decisão, para planejamento, monitoramento e previsão de riscos na produção agrícola, pecuária e florestal.
- 6) Desenvolvimento de sistemas de rastreabilidade e certificação de

produtos.

7) Modelagem, simulação e otimização de sistemas complexos, em especial no âmbito da intensificação sustentável.

8) Ampliação de estudos epidemiológicos e implementação de sistemas de monitoramento e alerta de pragas e doenças.

9) Adaptação, desenvolvimento e validação de inovações da biologia avançada (genômica, proteômica, metabolômica, metagenômica), da nanotecnologia e das TIC para diagnóstico, prevenção e controle de riscos zoonosológicos.

10) Uso conjugado em sistemas convergentes com a nanotecnologia, a biotecnologia e ciência cognitiva.

11) Na construção de sistemas integrados de interesse das cadeias produtivas, envolvendo reconhecimento de padrões, processamento de sinais, gestão do conhecimento e engenharia de sistemas complexos.

Além da lista coletada neste documento, o Grupo de Trabalho decidiu receber subsídios das Unidades da Embrapa, cuja solicitação foi enviada a todas as Unidades Descentralizadas e de Serviço. Ao todo, 17 Unidades responderam, algumas com grande detalhamento dos planos de incorporação da TI em vários de seus processos finalísticos de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Houve menção bastante significativa (70% dos respondentes) ao desenvolvimento de tecnologias utilizando dispositivos móveis, especialmente para os casos de transferência de tecnologia e conhecimento; à implementação de redes de sensores (IoT) coletando dados das propriedades (61%); à construção de sistemas de informação sobre manejo (58%); ao desenvolvimento de sistemas de informação (53%); à utilização de ferramentas de TI na transferência de tecnologia e treinamento à distância (70%); na construção de

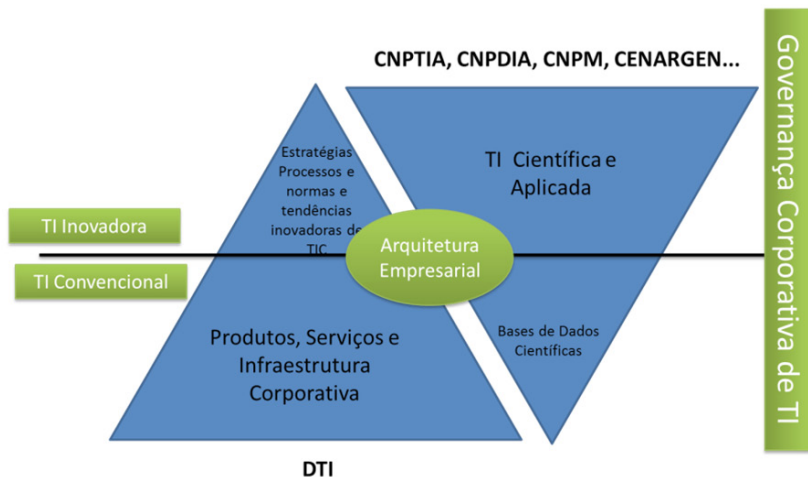
bancos de dados (41%). Também houve menções em menor escala à análise dos dados da pesquisa (*data analytics*); aprendizado de máquina e reconhecimento de padrões; inteligência artificial e sistemas especialistas; aplicações em rastreabilidade; modelagem e simulação de sistemas; computação em nuvem; automação laboratorial; monitoramento geoespacial; e impressão 3D. Assim como foi feita menção à necessidade da Embrapa treinar seu corpo técnico na utilização de novos conhecimentos, tais como análise de dados genômicos, desenvolvimento de aplicativos móveis, redes de sensores e técnicas de virtualização.

### **Histórico da TI Bimodal na Embrapa**

Desde 1984, com a criação da Embrapa Instrumentação e da Embrapa Informática Agropecuária, a Embrapa já vem atuando muito fortemente no que recentemente vem se chamando de TI Bimodal, conforme ilustrado na Figura 1, onde a TI Tradicional (modo 1) deve coexistir em paralelo com uma TI inovadora (modo 2).

Percebe-se claramente que o Departamento de Tecnologia da Informação (DTI) atua de forma mais intensa no modo 1 pelas características da governança corporativa de TI conforme estabelecido regimentalmente. Entretanto, no modo 2 o DTI tem papel inovador por meio da definição e implantação de estratégias, processos e normas para preparar a empresa para os desafios da transformação digital e tendências inovadoras de TIC que deverão estar em todas as unidades descentralizadas.

Já as unidades descentralizadas deveriam se preparar para direcionar seus esforços concentrando-os no modo 2 representado por projetos e ações voltados para a TI científica e transferência de tecnologia. O modo 1 deve ter foco nos serviços essenciais da TI tradicional.



**Figura 1.** TI Bimodal na Embrapa.

Fonte: Adaptado de Mesaglio et al. (2016).

## Caminho Técnico-Científico

A partir da análise do estado da arte, que incluiu documentos de planejamento estratégico internacionais, documento de *Visão 2014-2034*, portfólios e arranjos correlatos e consulta às Unidades sobre suas perspectivas de ações futuras em pesquisa, desenvolvimento e inovação em TI na agropecuária, elaborou-se esta proposta de caminho técnico-científico e de mercado.

A Figura 2 representa esquematicamente a estrutura sugerida de um Portfólio de Tecnologia da Informação na Agropecuária. Em seu núcleo encontram-se os dados, sejam estes provenientes de sensores, de experimentos, de recursos naturais ou de outras fontes. Na área oval seguinte, estão as bases de dados, os catálogos e repositórios que são construídos com estes dados observando critérios de interoperabilidade. Na região branca, encontram-se os métodos da

computação que serão aplicados sobre estes dados pelas várias áreas de aplicação que compõem o anel azul. Na região azul da oval, encontram-se as áreas de aplicação, onde a TI é conjugada a várias outras disciplinas do conhecimento para produzir os resultados estratégicos para a agropecuária. Finalmente, no anel mais externo estão dispostos os produtos, serviços, processos e informações da TI aplicada.

A metade superior da Figura 2 contém os produtos que atendem mais proximamente às necessidades da pesquisa, ao que se denominou Desenvolvimento Tecnológico; e na parte de baixo os produtos de aplicação mais direta pelos produtores rurais e demais atores das cadeias produtivas, técnicos, extensionistas, formuladores de políticas públicas e pela sociedade em geral. É preciso destacar, entretanto, que todos os produtos, processos, serviços e conhecimentos ilustrados envolvem pesquisa, desenvolvimento e inovação em TI aplicada à agropecuária, conforme ilustra o texto com fundo cinza à esquerda do diagrama.

Há ainda uma ordenação dos produtos que vão desde a pré-produção, com os programas de caracterização e uso de germoplasma e melhoramento genético de plantas, animais e microorganismos desenvolvendo cultivares ou linhagens com genes de interesse (resistência a fatores bióticos e abióticos, qualidade, adaptabilidade, produtividade, etc.), passando pela produção, com os sistemas de monitoramento e controle, finalizando na pós-produção, com os sistemas de monitoramento de mercado e os de transferência de tecnologia usando inovações em comunicação e dispositivos móveis.

O diagrama também procura dar uma ideia de fluxo da produção de produtos da pesquisa, que se transformam em inovações e que estas, ao serem apropriadas, fornecem uma retroalimentação para a própria pesquisa, que inicia novo ciclo.

## **Desenvolvimento de Produto e Mercado**

No âmbito da proposta deste portfólio, um dos temas que merece forte atenção é a transferência dos ativos gerados pelas pesquisas para o seu público. Conforme exposto na seção anterior, o portfólio abrangerá computação aplicada e ciência base. Os produtos derivados das pesquisas associadas às linhas temáticas do primeiro paradigma normalmente são mais tangíveis, podendo ser, por exemplo, novos hardwares, softwares ou bases de informação. Em relação ao segundo paradigma, teremos novos conceitos e algoritmos que normalmente são formalizados por meio de publicações. Em ambos os casos temos

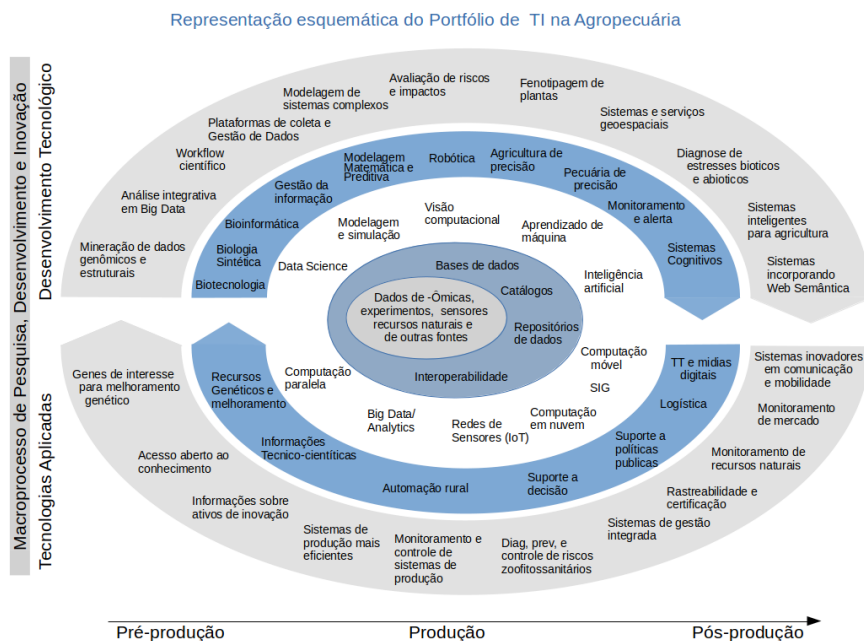


Figura 2. Representação esquemática do Portfólio de TI na Agropecuária.

tecnologias geradas que devem ser analisadas quanto ao seu valor para o público e, portanto, em ambos os casos deverão ser tratadas questões de proteção intelectual, licença de uso e modelo de negócios.

A propriedade intelectual deve estar entre as prioridades na agenda da Embrapa. Tecnologias geradas, devidamente protegidas por legislação, aumentam a competitividade da Instituição, e podem se transformar

em bens com função social, econômica e ambiental. Trata-se de ferramenta fundamental para a inovação tecnológica de produtos e processos. Além disso, a proteção garante que estas tecnologias estejam disponíveis para a Embrapa no futuro, evitando que disputas com terceiros possam inviabilizar seu uso e evolução.

Especialmente em TI, a cultura da proteção da propriedade intelectual na Embrapa ainda não foi assimilada como deveria. Isto ocorre tanto para as patentes, como para o direito sobre as marcas registradas e para os produtos protegidos por direito autoral. Em relação especificamente ao registro de softwares (direito autoral) e marcas, esta questão é especialmente delicada e urgente, uma vez que se tratam de processos simples e baratos que se contrapõem a graves consequências quando de sua ausência.

A Propriedade Intelectual decorre diretamente da capacidade inventiva do intelecto humano de seus criadores. É um direito outorgado pelo Estado ao criador por um prazo determinado, englobando Direitos de Autor e Conexos > Propriedade Industrial (Patentes, Desenho Industrial, Marcas e Indicação Geográfica); Direitos Sui Generis (EMBRAPA, 1996; OLIVEIRA; MARQUES, 2014).

Para fins deste portfólio, especial atenção deve ser dada as modalidades Direitos Autorais (Programas de Computador) e Propriedade Industrial (Patentes). A proteção dos programas de computador, ou softwares, é regulamentada pela Lei nº 9.609 (BRASIL, 1998a) e pelo Decreto nº 2.556 (BRASIL, 1998b), que estabelecem que a proteção receba tratamento de acordo com a Lei do Direito Autoral de nº 9.610 (BRASIL, 1998c).

Ao se registrar um software, torna-se comprovada sua autoria, formalizando-se a exclusividade na sua produção, uso e comercialização. No artigo 1º da Lei n. 9.069 de Proteção de Programa de Computador, consta a seguinte definição:

Programa de computador é a expressão de um conjunto

organizado de instruções em linguagem natural ou codificada, contida em suporte físico de qualquer natureza, de emprego necessário em máquinas automáticas de tratamento da informação, dispositivos, instrumentos ou equipamentos periféricos, baseados em técnica digital ou análoga, para fazê-los funcionar de modo e para fins determinados (BRASIL, 1998a).

Os programas são protegidos pela Lei de Direitos Autorais por se entender que os direitos sobre eles estão intrínsecos com a sua criação. Porém, os softwares possuem característica de imaterialidade, sempre presentes em meios magnéticos ou voláteis e desta forma, protege-se apenas a expressão literal do programa (código fonte, linguagem), não abrangendo seu conteúdo técnico. Outro aspecto importante é que os programas de computador registrados no Brasil, por serem regulados pela Lei nº 9.610 (BRASIL, 1998c), têm a proteção estendida para o exterior, em países signatários dos acordos internacionais.

Com a concessão do registro, via Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Inpi) a partir do depósito dos códigos fontes, o nome comercial do programa estará protegido juntamente com o software. Contudo, ainda se pode requerer a proteção da marca seguindo os trâmites normais para esse tipo de proteção. No Brasil, conforme artigo 2º da Lei de Proteção de Programa de Computador, a proteção dos softwares tem validade por 50 anos contados a partir de 1º de janeiro do ano subsequente ao da sua publicação, ou caso essa não exista, esse prazo é considerado a partir da data de sua criação.

Existe ainda, apesar de algumas controvérsias, a possibilidade de ser utilizada a modalidade de proteção por patente como sistema embarcado. Para tal, torna-se necessário analisar as possibilidades das modalidades de proteção intelectual, pois um sistema embarcado pode ser protegido tanto por patente, como por direito autoral ou até mesmo por ambos (BARBOSA, 2010; GRAU et al., 2017). Na avaliação de proteção pelo sistema patente, deve-se verificar se o software está embarcado em hardware e se aquele é essencial para o funcionamento da máquina. Para tal, o inventor precisa relatar quais são os pontos



inventivos (passíveis de proteção) da sua criação em relação ao estado da técnica, assim como pensar nos custos e benefícios do uso das opções legais. É preciso entender que se protege via patente o objeto com a funcionalidade que o programa introduziu e desta forma, o software deve preencher as condições de patenteabilidade: a) resolução de um problema técnico encontrado no estado da técnica; b) resultar em aplicação prática; c) ter efeito técnico novo (PIRES, 2014).

As Unidades da Embrapa devem estar atentas às exigências e usufruir das prerrogativas legais pertinentes à legislação de Propriedade Intelectual vigente e as demais ligadas à mesma matéria quando avaliarem o tipo de propriedade cabível para o resultado gerado por determinada pesquisa. A análise deve ser feita por vários atores, isto é, além do(s) inventor(es) pesquisador(es), o Comitê Local de Propriedade Intelectual (CLPI), as Chefias de P&D e o CPI da Embrapa Sede devem atuar em parceria.

De forma objetiva, sugere-se que todo o produto de TI, seja software ou hardware, derivado dos projetos associados a este portfólio e que estejam aptos, sejam protegidos junto ao Inpi (e não apenas aqueles com apelo comercial). Relembrando, até um software livre e de código aberto precisa ser resguardado para que a Empresa tenha segurança jurídica quanto à sua autoria e, conseqüentemente, quanto ao seu uso futuro. Também é sugerido que o registro do nome textual (sem a marca), caso haja uma definição inicial, seja feita no momento em que o projeto tenha início (e não ao seu término). A antecipação deste registro garante que entrevistas, publicações e apresentações do produto possam ser realizadas sem o receio de que um eventual “nome forte”, que caracterize o produto de forma competente atribuindo-lhe identidade, seja comprometido.

Com relação às parcerias, é importante considerar, no Portfólio de TI, as diferentes possibilidades de interação e sinergia da iniciativa pública e privada no desenvolvimento de produtos e mercado mediante contratos de cooperação técnica, licenciamentos, plano de negócios, etc. Ações de P&DI e TT devem estar alinhadas a demandas reais.

Sempre que possível, tais ações devem ser feitas em sintonia e em cooperação tendo como objetivo finalístico o desenvolvimento de produtos, processos e serviços que possam ser disponibilizados em escala e preço competitivo e utilizados de forma prática.

Conclui-se, portanto, que a proteção junto ao Inpi do produto de TI é sempre recomendada, independe do licenciamento ou modelo de negócios que venha a ser adotado. Quando há, no entanto, o estabelecimento de parcerias para a criação dos produtos, a cotitularidade precisará ser negociada entre as partes antes da realização do depósito.

Outro aspecto a ser considerado é que, muitas vezes, o produto de TI, resultado de um projeto de pesquisa associado a este portfólio, será um protótipo funcional ou um MVP (do inglês, Minimum Viable Product), estado onde o produto ainda é considerado “inacabado” para ser lançado no mercado. Nestes casos, um caminho viável é proteger sua versão 1.0 (inacabada) e prospectar um parceiro da iniciativa privada para a criação da versão 2.0, esta sim apta a ser comercializada. Esta última versão é então protegida em co-titularidade com a empresa que ajudou no desenvolvimento final do produto, facilitando ações futuras de licenciamento comercial.

Outra opção, especialmente relevante quando a tecnologia desenvolvida tem forte apelo comercial e teve o envolvimento de estagiários ou alunos em trabalho de conclusão de cursos de graduação e pós-graduação, é o fomento à criação de *Spin Offs*, ou seja, uma empresa criada com o objetivo de finalizar esta tecnologia específica como produto acabado e comercializá-lo. Neste caso, a empresa recém-criada é formada pelos próprios autores (alunos) e a versão 2.0 (finalizada) da tecnologia será de cotitularidade desta empresa e da Embrapa. A vantagem desta abordagem é a possibilidade de explorar novos canais de financiamento em voga em nosso tempo, tal como o financiamento por pessoas físicas efetuado com capital próprio (investidores-anjo) e o financiamento coletivo (*crowdfunding*) em *startups*.

Estas alternativas ao “processo padrão” ao qual a Embrapa está acostumada, de abertura de chamada pública para definição de parcerias, podem ser bastante relevantes quando há necessidade de agilizar o lançamento de um produto e manter o controle sobre sua qualidade. Esta abordagem é particularmente interessante quando se trata de software, cujo custo de proteção é muito baixo.

Em relação ao modelo de negócios a ser adotado, deve-se considerar o grande dinamismo que existe nos dias atuais em relação ao aparecimento de novas formas de comercialização de produtos de TI. Por exemplo, aplicativos móveis popularizaram nos softwares o uso de modelos de negócios baseados em publicidade (onde propagandas são embutidas entre as funcionalidades do aplicativo), assinatura (onde a licença de uso do aplicativo tem uma validade mensal ou anual) e, até mesmo, os chamados *freemium* (onde existe uma versão livre do aplicativo e outra, com mais funcionalidades, pela qual o usuário deve pagar pela licença de uso)<sup>12</sup>.

Assim, qualquer tentativa de documentar todos os modelos existentes passíveis de serem adotados ficaria obsoleta em pouco tempo. Entretanto é cabível e fortemente recomendado o estabelecimento de alguns “arcabouços” relacionados aos modelos mais utilizados pela Embrapa, possibilitando que novos produtos de TI possam ser rapidamente lançados caso se enquadrem nas mesmas premissas e compartilhem os mesmos atributos mercadológicos. Pensando nisso, em 2015 foi redigido o livro *Modelos de negócios inovadores na transferência de software agropecuário: boas práticas de Unidades de Pesquisa da Embrapa* (BAMBINI et al., 2015), uma publicação que agrega experiências de diferentes Unidades. Apesar de não contemplar o desenvolvimento de hardware, recomenda-se a leitura desta

---

<sup>12</sup> Disponível em: <<http://www.vrainz.com/publicidad-vs-freemium-vs-suscripcion/>>.

publicação para amparar as equipes dos projetos vinculados a este portfólio.

## **Importância do Portfólio e sua Inter-relação com outros Portfólios e Arranjos**

A TI está vinculada tanto aos aspectos de Gestão Institucional, quanto ao Macroprocesso de Pesquisa, Desenvolvimento, Inovação e Transferência de Tecnologia. Para os processos de Gestão Institucional, as diretrizes contidas no Plano Diretor de TI (PDTI) contemplam eficazmente a coordenação das ações em âmbito corporativo. Entretanto, a vertente de pesquisa, desenvolvimento, inovação e transferência de tecnologia carece de uma estrutura que observe o panorama como um todo e trace as diretrizes para que as ações da Embrapa em TI aplicada gerem impacto positivo e eficiência no desenvolvimento de suas ações visando ao desenvolvimento econômico e sustentável da agricultura.

Várias Unidades desenvolvem projetos com TI aplicada, tais como a Informática Agropecuária, Instrumentação, Gado de Corte, Gado e Leite, Milho e Sorgo, Soja e Cerrados, dentre outras. No entanto, não é missão da Embrapa Informática Agropecuária, ou das demais Unidades isoladamente, avaliar e promover a sinergia entre esses projetos. Frequentemente, este papel é exercido pelo Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa (DPD) que, por sua vez, ao receber um projeto novo na área, solicita várias vezes da Embrapa Informática Agropecuária uma avaliação do seu envolvimento para que haja maior sinergia com outros produtos, processos e serviços em desenvolvimento.

Este e outros papéis e ações corporativas, como a identificação de áreas estratégicas da TI aplicada à agropecuária, o respaldo técnico de investimentos institucionais em linhas de pesquisa portadoras de futuro e a indução para submissão de projetos nessas áreas são essenciais para que a Embrapa se mantenha alinhada com as mais recentes e

promissoras tecnologias da informação aplicadas à agropecuária. Além disso, é necessária a coordenação dessa área de TI junto a outros portfólios e arranjos relacionados visando ações conjuntas e uma estrutura que capture o que está sendo prospectado no Observatório de TI do Agropensa e em tantas outras fontes de informação para uma área tão dinâmica quanto a TI.

Quanto à inter-relação com outros portfólios e arranjos, entende-se que a Tecnologia da Informação permeia todos os portfólios e arranjos. Entretanto, para alguns destes a vinculação entre a TI e o tema do portfólio é mais estreita, conforme ilustrado na Figura 3. O arranjo de Métodos Quantitativos e Computação Científica (AgroMQCC) possui similaridade nos temas de modelagem matemática, inteligência computacional, computação científica e em parte do tema de probabilidade e estatística. O arranjo Armazenamento e Processamento de Dados Experimentais (DataExp) está completamente contido no âmbito do Portfólio de TI na Agropecuária, tal como desenhado nesta proposta. Contudo, a natureza transitória dos arranjos e sua especificidade, ao destacar aspectos de uma área que necessitam ser melhor trabalhados, podem ser vistos como uma forma de implementar subconjuntos de temas de um portfólio.

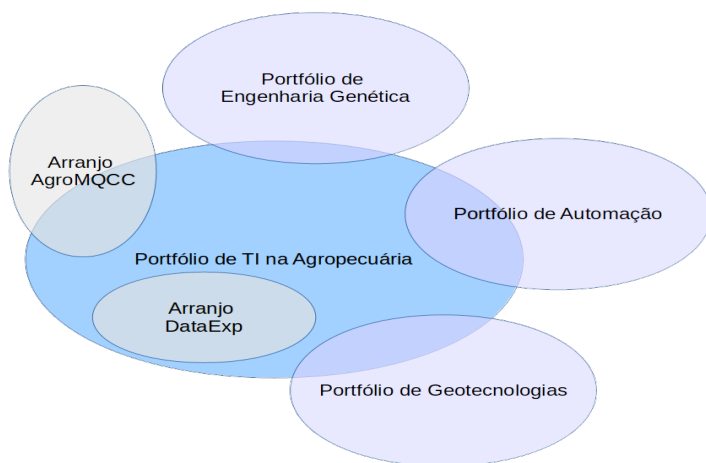
Outra interação ocorre com o Portfólio de Automação no que tange à construção de software para robótica, agricultura de precisão e sensoriamento remoto. Esta interação é na realidade uma oportunidade de alinhar o que está sendo planejado em TI com o que se pretende implementar nessas áreas. Em 2015, uma reunião do Portfólio de Automação foi realizada na Embrapa Informática Agropecuária, ocasião em que se comentou sobre a necessidade de um esforço orquestrado do desenvolvimento de software voltado para automação. Este portfólio pode contribuir na organização desse esforço ao elaborar editais conjuntos (Portfólios de TI e Automação) tendo em vista objetivos comuns e duradouros.

Há uma certa sobreposição como Portfólio de Monitoramento da Dinâmica do Uso e Cobertura da Terra no Território Nacional (PortGEO),

no que se refere ao desenvolvimento e à aplicação de métodos, modelos em geotecnologias ou simulação de processos físicos, químicos e biológicos de relevância para a agricultura. Em reunião realizada em fevereiro de 2016 como líder deste portfólio, identificou-se a complementaridade de ações que podem ser desenvolvidas e fomentadas no âmbito do portfólio de TI para a construção/implantação de plataformas de geotecnologias em apoio às ações do PortGEO. Estas ações também poderiam ser desenvolvidas por intermédio de editais conjuntos.

Também há uma pequena interseção com o Portfólio de Engenharia Genética no Agronegócio (EnGenAgro) no tocante à fenotipagem de precisão em larga escala e nas atividades de bioinformática. Há, portanto, a possibilidade de atuação sinérgica entre o portfólio de TI e várias estruturas existentes na Empresa.

As oportunidades para aplicação da TI na agricultura são muitas e, cada vez mais, devem impactar tanto os sistemas produtivos quanto as diversas vertentes da pesquisa agropecuária. Como há uma fragmentação do tema na Empresa, existe a necessidade de se criar



**Figura 3.** Representação esquemática da inter-relação entre o Portfólio de TI na Agropecuária e outros portfólios e arranjos.

mecanismos que promovam o avanço da TI e coordenem a geração de tecnologias de grande relevância para a agricultura com base nesta tecnologia.

## **Estrutura do Portfólio e Mapa de Oportunidades**

### **Objetivo Geral**

Sistematizar, promover e articular projetos e ações de P&D&I e TT, baseados na aplicação da Tecnologia da Informação, focados no avanço do conhecimento e na geração de produtos, processos e serviços, para atender demandas da agropecuária brasileira.

### **Objetivos Específicos**

1. Organizar carteira de projetos em TI na agropecuária, verificando sua similaridade e complementaridade de modo a maximizar sua interação e sinergia.
2. Induzir, por meio de editais, projetos em áreas estratégicas ligadas à tecnologia da informação visando garantir a competitividade da agropecuária brasileira.
3. Fomentar a geração, integração e interoperabilidade de repositórios de dados da pesquisa que sejam colocados à disposição dos demais pesquisadores, evitando desperdício com a perda de dados e retrabalho em sua geração.
4. Promover ações de capacitação em temas estratégicos para a criação de massa crítica na Empresa, tornando-a capaz de gerar tecnologias, produtos e processos incorporando avanços recentes da TI.

### **Linhas Temáticas**

A Figura 2 fornece uma visão geral do Mapa de Oportunidades do Portfólio de TI na Agropecuária, com as áreas de aplicação na oval azul e os exemplos de tecnologias, produtos, processos, serviços e

conhecimentos a serem gerados na oval mais externa.

Os temas de atuação e exemplos de aplicações a serem construídas são listados abaixo, agrupando as áreas de aplicação segundo sua similaridade, visando oferecer uma proposta mais concisa de temas de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

Conforme exposto anteriormente, as pesquisas no âmbito deste portfólio poderão resultar tanto em conhecimento de base tecnológica como em produtos de computação aplicada. Vale ressaltar que a transferência de tecnologia, neste contexto, é transversal. Ou seja, em ambos os casos os resultados alcançados poderão ser aptos à proteção intelectual e terem apelo mercadológico. Assim, cada linha temática detalhada a seguir poderá fazer uso das diretrizes abordadas na Seção 4.

**1. Biotecnologia, Biologia Sintética e Bioinformática:** desenvolver análise integrativa de dados, incluindo os métodos da Ciência de Dados, e aplicações computacionais em apoio às atividades de biotecnologia, biologia sintética e bioinformática.

Exemplos de produtos, processos e serviços:

- Análise da interação entre genes, proteínas e metabolismo, fortalecendo a biologia de sistemas com foco na produtividade e na sustentabilidade nos setores agroalimentar e agroindustrial.
- Desenvolvimento de aplicações computacionais em apoio à biologia sintética, biossimulação, bioprospecção e fabricação baseada em conhecimentos de base biológica.
- Desenvolvimento, adaptação e utilização de ferramentas de bioinformática para auxílio à obtenção de ativos biológicos que atendam às necessidades dos sistemas de produção e de segurança alimentar e nutricional.
- Implementação e operação contínua de um pipeline de descoberta de sequências gênicas, promotores e marcadores moleculares e de



identificação e desenvolvimento de genótipos de vegetais, animais e microorganismos mais resilientes e produtivos.

**2. Gestão da Informação, Interoperabilidade e eScience:** desenvolver bases de dados, catálogos, repositórios de dados e sistemas de workflow científico, em apoio ao macroprocesso de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação.

Exemplos de produtos, processos e serviços:

- Construir plataformas de coleta e gestão de dados visando estruturar e disponibilizar os dados da pesquisa, garantindo sua preservação, compartilhamento e proteção à confidencialidade.
- Estruturar sistemas de informação sobre ativos de inovação e sobre o conhecimento gerado pela Embrapa para a sociedade em geral.
- Construir plataformas que implementem a interoperabilidade entre dados de diferentes fontes, a exemplo dos sistemas de BI.
- Construir plataformas que possibilitem a integração da Embrapa às iniciativas de Ciência Aberta e Ciência de Dados (Open Data Science).
- Estruturar sistemas que integram dados de múltiplas fontes e automatizam o fluxo de trabalho científico, incorporando conceitos de eScience.

**3. Modelagem Matemática e Preditiva e Suporte a Decisão:** desenvolver modelos matemáticos analíticos e preditivos em representação a fenômenos e dinâmicas do mundo natural.

Exemplos de produtos, processos e serviços:

- Aplicação intensiva da ciência de dados técnico-científicos,

por meio do desenvolvimento e uso de novos métodos de análise de dados e de simulação matemático computacional, visando estudos prospectivos, descritivos e de avaliação de impacto na agropecuária.

- Modelagem matemática, avaliação, calibração e aplicação de técnicas de controle de sistemas.
- Desenvolvimento de ferramentas, métodos e repositório de modelos atômicos e acoplados para a construção de simuladores computacionais.
- Análise integrativa de grandes volumes de dados heterogêneos de interesse da agricultura.
- Modelagem, simulação e otimização de sistemas complexos, em especial no âmbito da intensificação sustentável.
- Modelagem, avaliação de risco e monitoramento de sistemas agrícolas e ambientais.
- Zoneamento agrícola de risco climático, zoneamento de aptidão e zoneamento ecológico-econômico.
- Modelagem para estabelecimento de sistemas de produção mais eficientes;
- Desenvolvimento de sistemas de apoio à tomada de decisão, para planejamento, monitoramento e predição de riscos na produção agrícola, pecuária e florestal.

**4. Sistemas Cognitivos:** Adaptação, desenvolvimento e validação de sistemas inteligentes com ênfase em reconhecimento de padrões e aprendizado de máquina para suporte à tomada de decisão na agricultura.

Exemplos de produtos, processos e serviços:

- Sistemas inteligentes e de suporte à decisão com base em representação lógica, tais como redes semânticas, engenharia ontológica, lógica clássica e lógica nebulosa.
- Sistemas inteligentes e de suporte à decisão com base em algoritmos genéticos, redes neurais, mineração de dados e mineração de textos.
- Sistemas inteligentes incorporando conceitos da Ciência Cognitiva.

**5. Robótica, Internet da Coisas, Agricultura de Precisão e Pecuária de Precisão:** Adaptação, desenvolvimento e validação de sistemas com ênfase em processamento de imagens e visão computacional para automação e suporte à tomada de decisão na agricultura.

Exemplos de produtos, processos e serviços:

- Sistemas para detecção de doenças por análise foliar.
- Sistemas envolvendo imageamento visível, multiespectral, hiperespectral e ativo para detecção de desordens em plantas.
- Sistemas de fenotipagem vegetal, animal e de microorganismos.
- Sistemas de visão para robótica e automação agrícola.
- Sistemas para monitoramento e controle de sistemas de produção.

**6. Monitoramento, Logística e Suporte a Políticas Públicas:** Adaptação, desenvolvimento e validação de sistemas geoespaciais para apoio ao planejamento e disseminação do conhecimento para suporte à tomada de decisão e definição de políticas públicas.

Exemplos de produtos, processos e serviços:

- Processamento de dados provenientes do sensoriamento remoto.
- Sistemas de rastreabilidade e certificação de produtos.
- Sistemas de monitoramento do mercado.
- Diagnóstico, previsão e controle de riscos zoofitosanitários.
- Sistemas integrados de interesse das cadeias produtivas, envolvendo reconhecimento de padrões, processamento de sinais, gestão do conhecimento e engenharia de sistemas complexos.

### **7. Sistemas para Transferência de Tecnologia e Mídias Digitais:**

Adaptação, desenvolvimento e validação de sistemas inovadores de transferência de tecnologias e conhecimento envolvendo mídias digitais.

Exemplos de produtos, processos e serviços:

- Sistemas para educação formal e não-formal usando tecnologias digitais.
- Estruturar sistemas de informação para a transferência do conhecimento gerado pela Embrapa para a sociedade em geral.
- Sistemas utilizando computação móvel.

### **8. Modernização das Plataformas de Hardware e Software da**

**Embrapa:** Modernização da plataforma digital que permite a transição para a transformação digital é composta de uma nova perspectiva de visualizar a empresa e empoderar suas conexões na cadeia de valor.

Exemplos de produtos, processos e serviços:

- Atualização e implantação da arquitetura empresarial que criem um ecossistema favorável à TI estratégica.
- Modernização do legado para atender aos requisitos tecnológicos

de vanguarda, mantendo a Embrapa como referência no setor (projetos de computação ubíqua, realidade aumentada, novas interfaces homem-máquina, etc.).

- Prospecção e implantação de novos modelos de financiamento para o desenvolvimento de software (tais como crowdsourcing e economia compartilhada) e modelos de negócio e parcerias (tais como iniciativas com startups e spin-offs).
- Implantação de metodologias que visem o aumento da produtividade e eficiência das equipes de TI (tais como adoção de abordagens ágeis revisadas, formação de equipes multidisciplinares e ambientes de experiência).
- Criação de mecanismos e soluções para a gestão da inovação em alinhamento ao Agropensa.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem a colaboração das pessoas a seguir por seus valerosos comentários acerca do conteúdo do documento, bem como as sugestões enviadas pelos revisores:

Edméia Leonor Pereira de Andrade – Departamento de Tecnologia da Informação

Giampaolo Queiroz Pellegrino – Embrapa Informática Agropecuária

Marcos Cezar Visoli – Embrapa Informática Agropecuária

Marta de Fátima Vencato – Embrapa Florestas

Regina Lucia Siewert Rodrigues – Embrapa Florestas

Silvia Maria Fonseca Silveira Massruhá – Embrapa Informática Agropecuária

Sonia Ternes – Embrapa Informática Agropecuária

## Referências

ANDERSON, C. **The end of theory**: the data deluge makes the scientific method obsolete. *Wired*, v. 16, n. 7, 2008.

BAMBINI, M. D.; ROCHA, D. T. da; CARROMEU, C.; CORREA, F. T. de B. S.; PUSINHOL, C. C.; GREENHALGH, A. A. M. S.; VISOLI, M. C. **Modelos de negócios inovadores na transferência de software agropecuário**: boas práticas de Unidades de Pesquisa da Embrapa. Campinas: Embrapa informática Agropecuária, 2015. 70 p. il. (Embrapa informática Agropecuária. Documentos, 137). Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139832/1/Doc137-Bambini.pdf> >. Acesso em: 1º dez. 2017.

BARBOSA, D. B. **Tratado de propriedade intelectual**: a proteção do software, do sigilo dos testes para registro de comercialização e topografia de circuitos integrados. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2010. 1079 p.

BRASIL. Decreto nº 2.556, de 20 de abril de 1998. Regulamenta o registro previsto no art. 3º da Lei nº 9.609, de 19 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre a proteção da propriedade intelectual de programa de computador, sua comercialização no País, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília,

DF, 22 abril 1998b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d2556.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2556.htm)>. Acesso em: 17 jul. 2017

BRASIL. Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 20 fev. 1998c. Disponível em: <<http://www4.planalto.gov.br/legislacao/legislacao-1/leis-ordinarias#content>>. Acesso em: 1º jul. 2017.

BRASIL. Lei nº 9.609 de 19 fev. de 1998. Dispõe sobre a proteção de propriedade intelectual de programa de computador, sua comercialização no País, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 de fevereiro de 1998a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9609.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9609.htm)>. Acesso em: 17 jul. 2017.

DHAR, V. Data science and prediction. **Communications of the ACM**, New York, v. 56, n. 12, p. 64-73, Dec. 2013. DOI: 10.1145/2500499.

EMBRAPA. Política institucional de gestão da propriedade intelectual na Embrapa. **Boletim de Comunicações Administrativas**, Brasília, DF, ano 32, n. 30, p. 2-17, jul. 1996. Deliberação nº 22/96 de 2 de julho de 1996.

EMBRAPA. **Visão 2014-2034**: o futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira. Brasília, DF: Embrapa. 2014. 194 p.

ESTADOS UNIDOS. President's Information Technology Advisory Committee. **Computational Science**: ensuring America's competitiveness: report to the President. Washington, D.C., 2005. 117 p. Disponível em: <<http://vis.cs.brown.edu/docs/pdf/Pitac-2005-CSE.pdf>>. Acesso em: 1º dez. 2017.

EXTREME genetic engineering: an introduction to synthetic biology. Ottawa: ETC Group, 2007. Disponível em: <<http://www.etcgroup.com>>.

org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/602/01/synbioreportweb.pdf>. Acesso em: 1º dez. 2017.

FRISTON, K. The free-energy principle: a unified brain theory? **Nature Reviews Neuroscience**, v. 11, p. 127-138. 2010. DOI:10.1038/nrn2787.

GRAU, E. R.; FERRAZ JUNIOR, T. S.; MARANHÃO, J. S. de A.; FURLAN, F. de M.; KON, F.; LAGO, N.; MEIRELLES, P.; FALCÃO, J.; LEMOS, R.; SOUZA, C. A. P. de; MAGRANI, B.; FERRAZ, J. V.; GRAU-KUNTZ, K. **Contribuição do Centro de Competência em Software Livre da Universidade de São Paulo CCSL/USP em conjunto com Centro de Tecnologia e Sociedade da Fundação Getúlio Vargas do Rio de Janeiro – CTSFGV**. Procedimentos para o exame de pedidos de patentes envolvendo invenções implementadas por programa de computador. Disponível em: <<http://softwarelivre.gov.br/documentos-oficiais/inpi-contribuicao-ccsl-usp-cts-fgv>>. Acesso em: 1º dez. 2017.

HUANG, G. T. Is this a unified theory of the Brain? **Newscientist**, v. 2658, p. 30-33. 2008.

INTERLANDI, J. Power 2009: Jay Keasling, molecular biologist. **Newsweek**, 19 dez. 2008. Disponível em: <<http://www.newsweek.com/power-2009-jay-keasling-molecular-biologist-83051>>. Acesso em: 9 abr. 2017.

KUEKES, P. **Molecular crossbar latch**. US 20030080775 A1, 29 October 2001, 1º May 2003. Disponível em: <<https://www.google.com/patents/US20030080775>>. Acesso em: 3 jul. 2017.

LEITE, M. A. de A.; MASSRUHÁ, S. M. F. S.; EVANGELISTA, S. R. M.; SOUZA, K. X. S. de. Tecnologias emergentes - futuro e evolução tecnológica das AgroTIC. In: MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A.; LUCHIARI JUNIOR, A.; ROMANI, L. A. S. (Ed.). **Tecnologias da informação e comunicação e suas relações com a agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 17. p. 331-349.



MESAGLIO, M.; ADNAMS, S.; MINGAY, S. **Kick-start bimodal IT by launching mode 2**. Stamford: Gartner, 2015. 13 p. Disponível em: <https://www.gartner.com/doc/3021418/kickstart-bimodal-it-launching-mode>. Acesso em: 10 out. 2017.

MONROE, D. Neuromorphic Computing Gets Ready for the (Really) Big Time. **Communications of the ACM**, v. 57, n. 6, p.13-15, 2014.

MOORE, G. E. Moore's Law at 40. In: Brock, D. C. (Ed.) **Understanding Moore's Law – four decades of innovation**. Filadélfia: Chemical Heritage Foundation, 2006. p. 67-86.

OLIVEIRA, R. C. de; MARQUES, T. R. **Patentes de invenção e a Embrapa: dúvida frequentes, esclarecimentos sobre leis e normas**, Brasília, DF, 2014. 20 p. il.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **World malaria report 2015**. Geneva, 2015. 243 p. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/200018/1/9789241565158\\_eng.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/200018/1/9789241565158_eng.pdf?ua=1)>. Acesso em: 3 jul. 2017.

PIRES, A. O. **Patentes e sistemas embarcados - o que? como? e porquê?** 2014. Disponível em: <<http://www.embarcados.com.br/patentes-e-sistemas-embarcados/>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

POTTER, K. **Digital business means big IT changes that start with a basic business portfolio decision**. Gartner, 2014.

ROCO, M. C.; BAINBRIDGE, W. S. (Ed.). **Converging technologies for Improving human performance: nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. 482 p.

SCHMIDT, K. F. **Nanofrontiers: visions for the future of nanotechnology**. Project on emerging nanotechnology. Washington, D.C.: Woodrow Wilson International Center for Scholars. 2007. 51 p.

WRIGHT, A. Big data meets big science. **Communications of the ACM**, v. 57, n. 7, p. 13-15. 2014.

## Literatura recomendada

BRASIL. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 dez. 2004. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm)>. Acesso em: 17 jul. 2017.



---

*Informática Agropecuária*

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



CGPE 14143