

DOCUMENTOS

222

ISSN 1809-4996
Dezembro/ 2018

Analytic Hierarchy Process (AHP) para Seleção de Resultados Destaque

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

DOCUMENTOS 222

Analytic Hierarchy Process (AHP) para Seleção de Resultados Destaque

*Francisco Ferraz Laranjeira
Carlos Estevão Leite Cardoso
Márcio Eduardo Canto Pereira
Adriana Maria de Aguiar Accioly*

Embrapa Mandioca e Fruticultura
Cruz das Almas, BA
2018

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Mandioca e Fruticultura
Rua Embrapa, s/nº, Caixa Postal 07
44380-000, Cruz das Almas, Bahia
Fone: 75 3312-8048
Fax: 75 3312-8097
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Francisco Ferraz Laranjeira

Secretário-Executivo
Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro

Membros
Aldo Vilar Trindade, Ana Lúcia Borges, Eliseth de Souza Viana, Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki, Harllen Sandro Alves Silva, Leandro de Souza Rocha, Marcela Silva Nascimento, Marcio Carvalho Marques Porto

Supervisão editorial
Francisco Ferraz Laranjeira

Revisão de texto
Adriana Villar Tullio Marinho

Normalização bibliográfica
Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro

Tratamento das ilustrações
Giovane Alcântara

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Anapaula Rosário Lopes
Giovane Alcântara

1ª edição
On-line (2018).

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)

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Analytic Hierarchy Process (AHP) para Seleção de Resultados Destaque / Francisco Ferraz Laranjeira.... [et. al.]. – Cruz das Almas, BA : Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2018.

22 p. il. ; 21 cm. - (Documentos/ Embrapa Mandioca e Fruticultura,222).

ISSN 1809-4996, 38.

1. Ciência. 2. Tecnologia 3. Metodologia. I. Cardoso, Carlos Estevão Leite. II. Pereira, Márcio Eduardo Canto. III. Accioly, Adriana Maria de Aguiar. IV. Título. V. Série.

CDD 001.42

© Embrapa, 2018

Autores

Francisco Ferraz Laranjeira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Carlos Estevão Leite Cardoso

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências (Economia Aplicada), pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Márcio Eduardo Canto Pereira

Engenheiro-agrônomo, doutor em Horticultural Science, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Adriana Maria de Aguiar Accioly

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA

Apresentação

Realizado desde os resultados de 2015, o processo de seleção de Destaques já se incorporou à rotina das Unidades da Embrapa. Na Embrapa Mandioca e Fruticultura, essa seleção foi absorvida pelo modelo de inovação implantado na Unidade.

Assim, para que os resultados apresentados à sociedade como mais relevantes de cada ano pudessem refletir a qualidade da ciência produzida na Embrapa Mandioca e Fruticultura, nada mais justo que introduzir um método científico que auxiliasse o processo. É exatamente isso que este documento traz e explica.

Alberto Duarte Vilarinhos

Chefe-geral da Embrapa Mandioca e Fruticultura

Sumário

Introdução	9
O que é a AHP?	9
Roteiro	10
Fase 1.....	10
Fase 2.....	15
Resultados da Fase 1	16
Referências	21

Introdução

Na Embrapa, a seleção de resultados Destaque é item obrigatório do Sistema Integrado de Gestão de Desempenho Institucional, Programático e de Equipes (Integro) desde 2015 e, a partir de 2016, faz parte da avaliação formal das Unidades da empresa. A cada ano, são produzidas dezenas de resultados dos mais diversos tipos na Embrapa Mandioca e Fruticultura. Embora o corpo técnico tenha noção do que é e do que não é importante, a escolha de apenas 10 resultados anuais como Destaque enseja uma série de desafios. É uma tarefa complexa, para a qual é importante dimensionar os esforços na busca de resultados com o mínimo de controvérsia. Dessa forma, uma priorização baseada em metodologia reconhecida cientificamente e validada em diversas áreas é importante para minimizar a subjetividade do processo.

O objetivo deste trabalho é indicar método e roteiro para seleção anual dos resultados Destaque da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Em última análise, pretende-se deixar um legado para a tomada de decisões da gestão e do Comitê Técnico Interno (CTI): objetividade baseada em critérios e melhor entendimento das partes interessadas para a forma de escolha e resultados selecionados, além de maior chance de se apresentarem resultados de mais impacto para a sociedade.

O que é a AHP?

Dentre as metodologias possíveis, indica-se a *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Essa metodologia já vem sendo utilizada com sucesso pela Embrapa Mandioca e Fruticultura para priorização de linhas de pesquisa dentro dos planos estratégicos das culturas estudadas. Esse fato deve facilitar a adoção e a execução de todo o processo.

A AHP permite decisões sobre questões complexas; simplifica e diminui o tempo normalmente usado nas tomadas de decisão. As decisões humanas envolvem subjetividade, múltiplas inconsistências e desvios de julgamento. Isso é especialmente verdadeiro na presença de diversos critérios, várias alternativas e diversidade no grupo decisório. Sendo científico, a AHP propõe modelar hierarquias e analisá-las matematicamente a partir da comparação

da intensidade da escolha humana sobre pares de alternativas (SAATY 2013a, 2013b).

A AHP pode reduzir influências, como:

- i) efeito da formação pessoal;
- ii) linha de trabalho atual;
- iii) efeito halo; e
- iv) pressões de grupo.

Esses fatores, caso não sejam controlados, podem produzir resultados tendenciosos.

Roteiro

O processo de seleção de resultados Destaque envolve oito etapas: formulação de critérios relevantes, modelagem de hierarquias de critérios, indicação de comissão de seleção, comparação entre os critérios, indicação de resultados-candidatos, elaboração de lista preliminar de resultados a serem priorizados, atribuição de notas por critério para cada resultado, e ranqueamento dos resultados.

As quatro primeiras etapas compõem a Fase 1. Essa fase é relativamente fixa, pois determina quais critérios serão usados, modela a hierarquia e pondera esses critérios. Embora possa ser revista conforme a necessidade, não precisa ser modificada a cada ano. A Fase 2, por outro lado, é dinâmica, pois depende dos resultados previstos a cada ano. Cada etapa é descrita a seguir, baseada na experiência da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

FASE 1

Formulação de critérios relevantes. Foi solicitado a um grupo de gestores da Embrapa Mandioca e Fruticultura que sugerissem critérios relevantes para se determinar a importância e a prioridade de resultados da Unidade (UD). Os critérios foram avaliados em reunião presencial, procurando determinar

duplicatas, similaridades e interseções. Cada critério foi discutido, tendo ficado decidido que, a partir dessa seleção, a Chefia de Pesquisa & Desenvolvimento (CPD) faria a modelagem de hierarquias e apresentaria essa proposta ao CTI.

Modelagem de hierarquias de critérios. Optou-se por uma hierarquia com três níveis. O primeiro nível seria ocupado pelos três fatores que mais influenciariam a importância de um resultado, considerando-se as diretrizes da Empresa: atendimento a eixos de impacto,; atendimento aos macrotemas, conforme Documento Visão; e impacto direto da tecnologia ou do resultado (Figura 1). Cada um desses grupos de critérios abarcou subcritérios, de acordo com sua ligação com o nível hierárquico anterior.

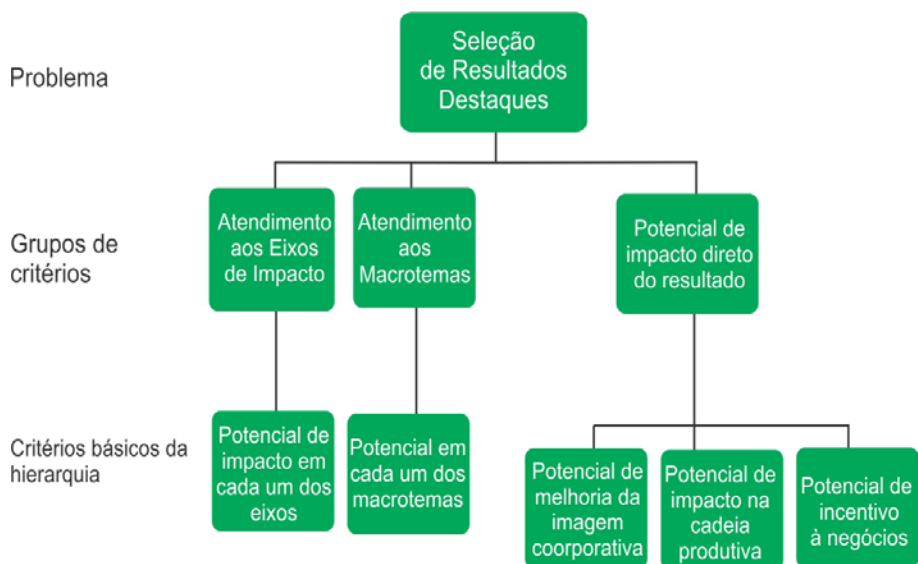


Figura 1. Hierarquia para AHP Seleção de Resultados Destaque. Deve ser feita uma AHP em cada nível, iniciando pelos Grupos de critérios.

O critério de atendimento aos eixos de impacto trouxe as linhas que direcionam a atuação estratégica da empresa (Figura 2) e que são explicitamente consideradas na avaliação anual dos Destaques de cada Unidade. A AHP para esses critérios determinou a importância relativa de cada eixo para os trabalhos da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Um dado resultado atendeu a pelo menos um eixo, mas poderia atender a mais de um; a escala de avaliação de cada eixo determinou o grau de atendimento do resultado ao eixo.

O critério de atendimento aos macrotemas (Figura 3) teve a mesma lógica do atendimento aos eixos de impacto. São linhas definidas pela empresa e qualquer resultado estava inserido em pelo menos um deles. Deve-se chamar atenção ao fato de que a definição do macrotema foi solicitada quando da inserção do resultado Destaque no Integro.

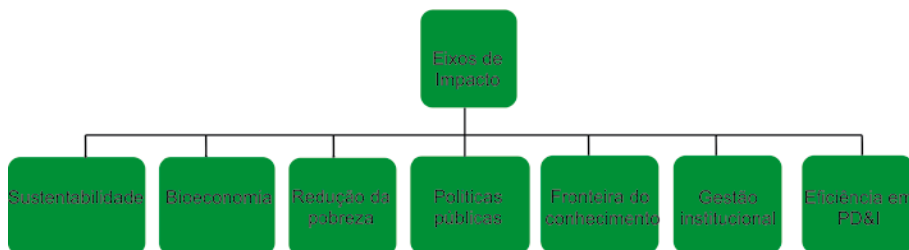


Figura 2. Grau de atendimento aos Eixos de Impacto esperados pela Embrapa. O resultado será tanto mais importante quanto mais se relacionar a cada um dos Eixos. A AHP deve refletir a importância de cada Eixo para o CNPMF ou a necessidade da UD influenciar cada Eixo.



Figura 3. Grau de atendimento aos Macrotemas do Documento Visão. O resultado será tanto mais importante quanto mais se relacionar a cada um dos Macrotemas. A AHP deve refletir a importância de cada Macrotema para o CNPMF ou a necessidade da UD influenciar cada Macrotema.

O impacto direto da tecnologia (Figura 4) originalmente recebeu sugestões de pelo menos doze critérios. Na modelagem da hierarquia, considerou-se que trabalhar todos esses critérios seria muito complicado e talvez contraproducente, seja em termos de AHP ou de avaliação dos resultados. Além disso, a teoria da AHP (Goepel, 2016; Saaty 2013 a,b) indica que nove é o limite máximo de alternativas que o ser humano é capaz de comparar de maneira consistente. Assim, os critérios originais foram agrupados em três critérios mais abrangentes: potencial de melhoria da imagem corporativa; potencial de impacto na cadeia produtiva; potencial de incentivo a negócios. Na Figura 4, abaixo de cada um desses critérios, são indicadas as sugestões iniciais que integraram a descrição de cada um dos critérios de impacto direto da tecnologia.

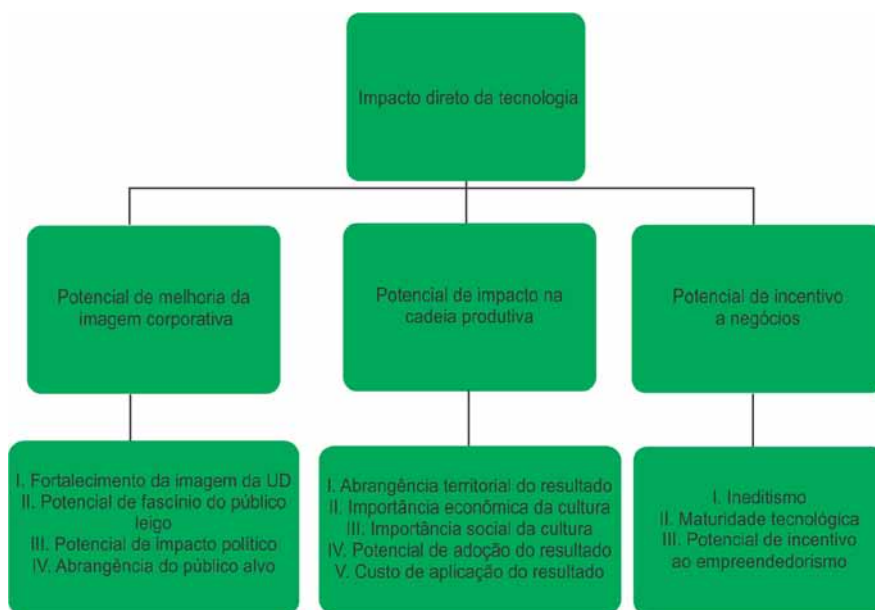


Figura 4. Potencial de impacto direto da tecnologia na sociedade. Os critérios precedidos de algarismos romanos fazem parte do escopo dos critérios superiores, mas não serão avaliados diretamente na AHP.

Indicação de comissão de seleção de Destaques (CSD). A CSD foi composta por indivíduos que lidam, no dia a dia, com avaliação de resultados. A CSD tem a função de realizar a AHP, indicar resultados-candidatos e atribuir as notas de cada critério. Como parte dessa proposta piloto, a CSD foi composta por: Chefe-Geral, Chefes Adjuntos e do Núcleo de Ações Estratégicas (NAE), membros titulares e substitutos do CTI, supervisores de Núcleos Tecnológicos (NTs), gestores do Núcleo de Apoio à Programação (NAP) e Núcleo de Desenvolvimento Institucional (NDI), líderes de equipes técnicas de produtos.

Comparação entre os critérios. Para cada nível hierárquico, os critérios foram comparados entre si (*pairwise comparison*) usando o recurso AHP Online System, disponível em <http://bpmmsg.com/ahp-online-system/> (Goepel, 2016) (Figura 5). O sistema permite que cada avaliador realize as comparações individualmente.

AHP Group Results

Project Result Data

Selected scale: 0 - Standard AHP linear scale

Project Data

Field	Content
Session Code	v5pyta
Project Name	Seleção de Resultados Destaque
Description	
Author	fflaranjeira
Date	2017-09-28 19:04:55
Project Type	Hierarchy

Project Participants

31 participants. [Show more](#) all.

No	Sel	Name	Date
31	<input type="checkbox"/>	Hermínio	2017-11-10
30	<input type="checkbox"/>	Carlos Estevão Leite Cardoso	2017-11-06
29	<input type="checkbox"/>	Domingo Haroldo	2017-11-06
28	<input type="checkbox"/>	Pedro Brazil	2017-11-06
27	<input type="checkbox"/>	Marcela Silva	2017-11-06
26	<input type="checkbox"/>	Marcela Nascimento	2017-11-06
25	<input type="checkbox"/>	Mauricio Coelho	2017-11-05
24	<input type="checkbox"/>	Gilmar Santos	2017-11-04
23	<input type="checkbox"/>	Janay S	2017-11-03
22	<input type="checkbox"/>	Francisco Alisson Xavier	2017-11-03

[Refresh Selection](#) check all uncheck all
If none selected, all will be included.

Hierarchy with Consolidated Priorities

Selected participants: All

Decision Hierarchy		
Level 0	Level 1	Level 2
Seleção de Resultados Destaques	Atendimento aos Eixos de Impacto	Sustentabilidade
		Bioeconomia
		Redução da pobreza
		Políticas públicas
		Fronteira do conhecimento
		Gestão institucional
	Atendimento aos Macrotemas	Eficiência em PD&I
		Novas Ciências
		Automação e agricultura de precisão
		Segurança fitossanitária
		Recursos naturais e mudanças climáticas
		Sistemas de produção
Potencial de impacto direto do resultado	Segurança dos alimentos e nutrição	
	Tecnologia agroindustrial	
	Potencial de melhoria da imagem corporativa	
		Potencial de impacto na cadeia produtiva
		Potencial de incentivo a negócios

Figura 5. Montagem da AHP no site bpmmsg.com. A hierarquia pode ser alterada a qualquer momento e avaliações refeitas.

Os resultados foram disponibilizados em conjunto, representando a visão do grupo. Os resultados de um nível hierárquico influenciaram os outros, mas permitiu-se a avaliação individual de cada fator ou critério da hierarquia. Os produtos dessa etapa formaram matrizes de prioridade de critérios que possibilitam a priorização dos resultados quanto ao atendimento de eixos de impacto, atendimento a macrotemas e impacto direto do resultado. Em função do desbalanço no número de critérios em cada um desses fatores da hierarquia, optou-se por usar a escala '*Balanced-n scale*', que minimiza erros em avaliações muito discrepantes

FASE 2

Indicação de resultados-candidatos. A indicação pode ser feita por qualquer funcionário, desde que o resultado esteja devidamente registrado no Ideare (resultados de projetos) ou no Integro (resultados de ações gerenciais). As indicações passam pelo crivo dos gestores de NTs e NAE, que verificam a adequação do título e a descrição da contribuição.

Elaboração de lista preliminar de resultados a serem priorizados. Listas de resultados são extensas, dezenas de resultados são produzidos a cada ano. Assim, a partir das indicações, o CSD preparou uma lista provisória de 40 resultados. Essa lista provisória foi utilizada como base para seleção dos 20 resultados que foram trabalhados individualmente, segundo os critérios escolhidos. A seleção foi feita por indicação sigilosa de cada um dos membros do CSD por meio de ferramentas de enquete on-line (e.g. Doodle). A homogeneidade da lista final foi verificada para identificar possíveis incoerências entre os avaliadores nessa etapa puramente subjetiva, mas necessária e prevista pela AHP.

Atribuição de notas por critério. Foram escolhidos pontos focais para cada um dos critérios com base na especialidade de cada participante do CSD. Os pontos focais ficaram responsáveis por convidar outros colegas do grupo e, em conjunto, analisar cada um dos vinte resultados sob a luz da descrição e da escala do critério.

Para os critérios relacionados a eixos de impacto e macrotemas, foi avaliado o grau de alinhamento do resultado com cada critério. A escala

varou de ‘nenhum alinhamento’ (Nota 0) a ‘total alinhamento’ (Nota 1000) e três níveis intermediários.

Para os critérios relacionados a impactos diretos, cada resultado foi avaliado de acordo com a percepção de impacto potencial. Isso decorre do fato de que é uma avaliação *ex-ante*, sem dados quantitativos que a embasem; depende da experiência dos avaliadores com casos similares. Assim, a escala variou de ‘nenhum impacto’ (Nota 0) a ‘impacto em escala nacional’ (Nota 1000). Os três níveis intermediários refletiram a abrangência territorial do resultado.

Ranqueamento dos resultados. As notas foram inseridas em planilha com a matriz de prioridades dos critérios, gerando a lista ranqueada. Essa lista foi avaliada pelo CTI e por eventuais convidados do CSD. Foram selecionados tantos resultados Destaque quantos foram permitidos inserir no Integro. A lista final não foi determinada apenas matematicamente: foi permitido um *force in – force out* de até 30% dos resultados, desde que os *forced in* estivessem na lista ranqueada. O *force in – force out* pode ser feito por consenso no CTI ou por decisão da alta direção da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Resultados da Fase 1

Vinte e sete pessoas participaram da AHP, sendo seis líderes de equipe técnica de produto, sete membros do CTI, dez relacionados à gestão intermediária e quatro à chefia. O grupo apresentou razão de consistência (*Consistency ratio – CR*) muito baixa, 0,3%, indicando que os participantes não tiveram problemas quanto a julgamentos inconsistentes. Esse resultado valida o processo.

O consenso médio do grupo foi de 76%, variando em cada nível hierárquico entre 66,2% (moderado) e 86,7% (muito alto). Consensos na faixa entre 60% e 90% são tomados aqui como validadores dos resultados. Consensos altíssimos indicariam que o problema é tão banal que o resultado seria óbvio. Por outro lado, consensos muito baixos indicariam problemas de interpretação dos critérios ou equívocos na modelagem da hierarquia. Dentro de cada nível hierárquico foram obtidas as prioridades locais, que indicam a importância relativa de cada fator ou critério dentro daquele nível (ver tabela completa no Anexo 1).

A maior prioridade do nível 1 da hierarquia foi dada ao potencial de impacto direto da tecnologia (Figura 6). Esse resultado provavelmente reflete a experiência da equipe com a AHP para os planos estratégicos das culturas, quando se partiu do princípio de que tudo seria estruturado a partir de metas de impacto. Por outro lado, certamente indica a percepção da equipe quanto à necessidade de entregar valor à sociedade. A diferença entre atendimento aos eixos de impacto e atendimento aos macrotemas foi pequena em favor do primeiro. Suas prioridades foram menores que as do potencial de impacto, mas, ainda assim, não negligenciáveis. Isso mostra a percepção do corpo técnico de que as ações de pesquisa e seus resultados devem seguir por linhas que atendam às diretrizes estratégicas da Embrapa.

Para atendimento aos eixos de impacto, os critérios de maior relevância foram 'sustentabilidade', 'inserção produtiva e redução da pobreza' e 'fronteira do conhecimento'. Eles tiveram prioridades locais superiores a 0,14, resultado esperado se todos os critérios tivessem igual importância (Figura 7). Por outro lado, nenhum critério apresentou prioridade inferior a 0,05, o que seria indicativo de irrelevância.

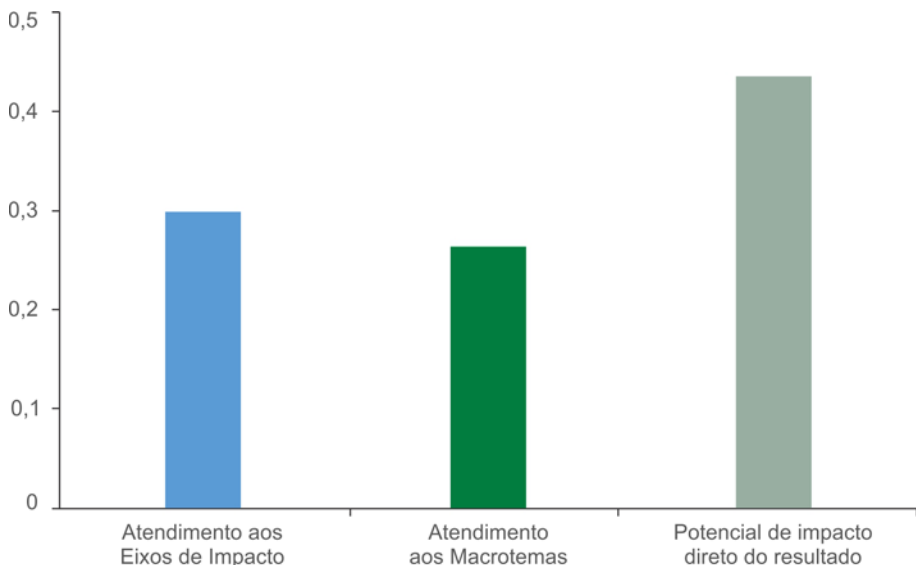


Figura 6. Prioridades locais para cada fator determinante à seleção dos resultados Destaque (nível hierárquico 1).

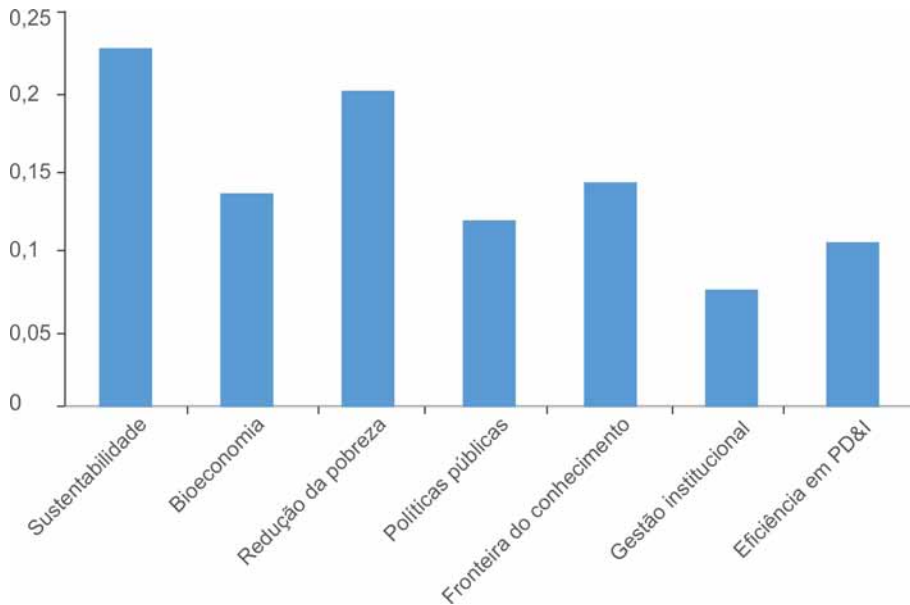


Figura 7. Prioridades locais para cada critério em atendimento aos eixos de impacto

Também para atendimento a macrotemas, nenhum critério ficou com prioridade abaixo de 0,05 (Figura 8). Três critérios destacaram-se com prioridades acima de 0,14: segurança fitossanitária, recursos naturais e mudanças climáticas, e sistemas de produção.

Por ter menor número de critérios, em 'potencial de impacto direto', a prioridade local esperada para cada critério, caso todos tivessem a mesma importância, seria de 0,33. O único critério com valor superior a esse foi 'potencial de impacto na cadeia produtiva' (Figura 9), indicando sua maior importância relativa no julgamento do grupo de participantes.

As prioridades globais de cada critério são derivadas das prioridades locais em cada nível hierárquico (Figura 10). Assim, refletem diretamente variações também dos níveis hierárquicos superiores. Portanto, não causa surpresa o fato dos critérios relacionados ao potencial direto dos resultados terem apresentado as maiores prioridades globais. As prioridades globais serão usadas na avaliação e no ranqueamento dos resultados, conforme indicado para as etapas da Fase 2.

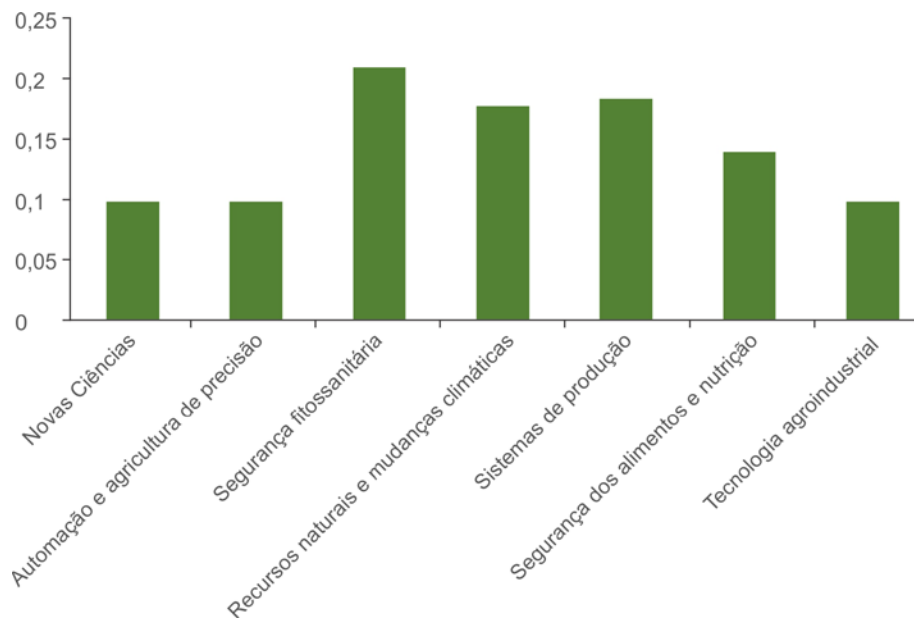


Figura 8. Prioridades locais para cada critério em atendimento a macrotemas

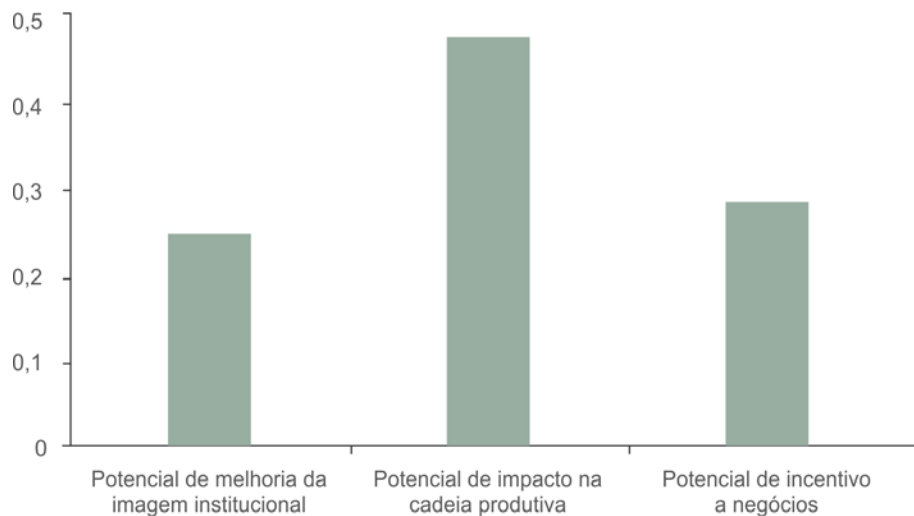


Figura 9. Prioridades locais para cada critério em potencial de impacto direto

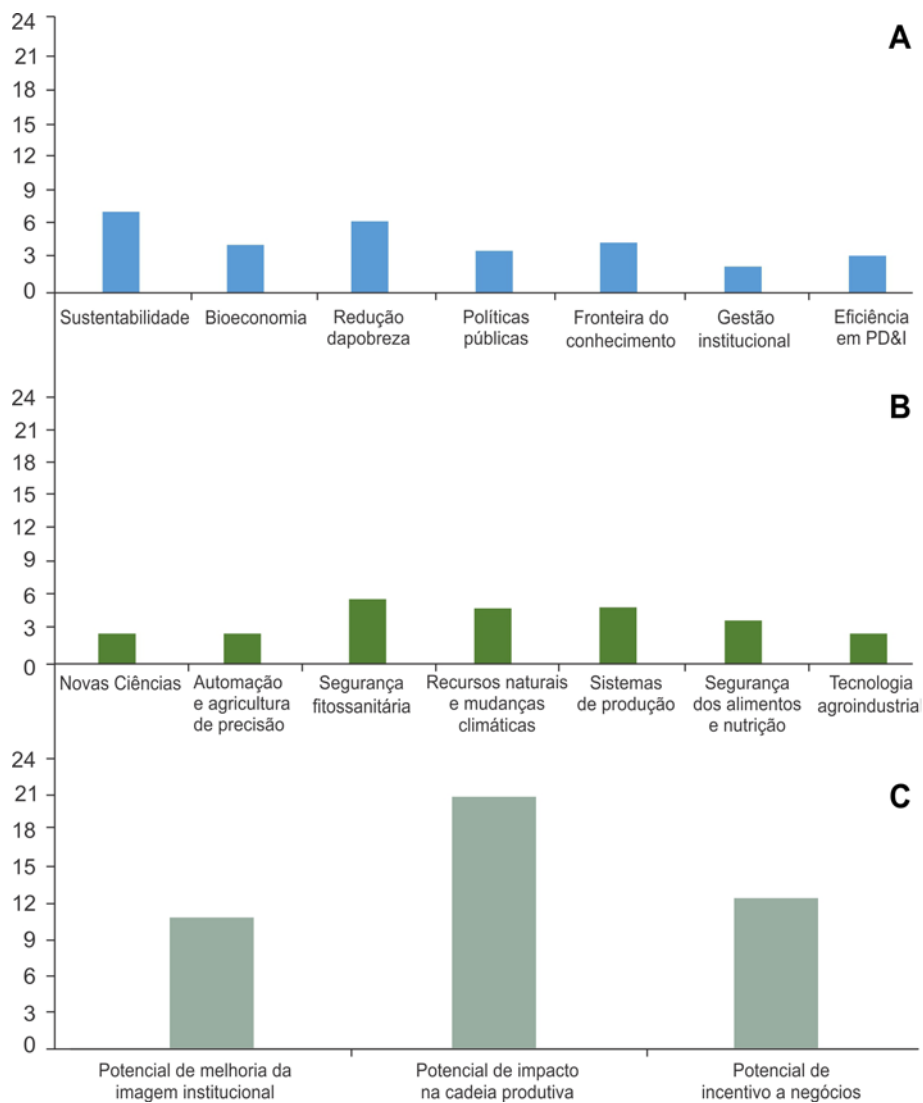


Figura 10. Prioridades globais de cada critério (%), já ponderados pelas prioridades de eixos de impacto (A), macrotemas (B) e potencial de impacto direto (C)

A AHP tem se mostrado uma ferramenta muito útil para tomadas de decisão na Embrapa Mandioca e Fruticultura. Os resultados consistentes e de consensualidade adequada obtidos neste trabalho indicam que o corpo técnico desta Unidade está apto para aprofundar o uso da ferramenta em outras instâncias. Por exemplo, seria possível aventar o uso das prioridades de cada macrotema como ferramenta de análise de projetos pelo CTI. Mais ainda, a determinação do peso de cada um dos eixos de impacto pode ter um uso no direcionamento dos projetos de pesquisa.

Pode-se imaginar a aplicação do método AHP para priorizações em todas as frentes da gestão de PD&I. Uma, ainda em aberto, incluiria: priorização de cadeias produtivas a serem atendidas; polos de produção prioritários; valoração de portfólios de projetos; alocação de áreas experimentais; alocação de recursos humanos; valoração de parcerias em pesquisa e negócios; e seleção de tecnologias para *pipelines* de negociação.

REFERÊNCIAS

GOEPEL, K. D. (2016). **BPMSG AHP Online System**. Disponível em: <<http://bpmsg.com/ahp-online-system>>. Acesso em: 07 out. 2018.

SAATY, T. L. **Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world**. 3rd Ed. Pittsburg: RWS Publications. 366p., 2013a.

SAATY, T. L. **Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process**. 1st Ed. Pittsburg: RWS Publications. 527p. 2013b

Anexo 1. Resultados completos de prioridades locais em cada nível hierárquico e prioridades globais de cada critério

Decision Hierarchy			
Level 0	Level 1	Level 2	Glb Prio.
Seleção de Resultados Destaque	Atendimento aos Eixos de Impacto 0.299	Sustentabilidade 0.227	6.8%
		Bioeconomia 0.135	4.0%
		Redução da pobreza 0.200	6.0%
		Políticas públicas 0.118	3.5%
		Fronteira do conhecimento 0.142	4.2%
		Gestão institucional 0.074	2.2%
		Eficiência em PD&I 0.104	3.1%
	Atendimento aos Macrotemas 0.264	Novas Ciências 0.098	2.6%
		Automação e agricultura de precisão 0.098	2.6%
		Segurança fitossanitária 0.209	5.5%
		Recursos naturais e mudanças climáticas 0.177	4.7%
		Sistemas de produção 0.183	4.8%
		Segurança dos alimentos e nutrição 0.139	3.7%
		Tecnologia agroindustrial 0.098	2.6%
	Potencial de impacto direto da tecnologia 0.436	Potencial de melhoria da imagem corporativa 0.245	10.7%
		Potencial de impacto na cadeia produtiva 0.473	20.6%
		Potencial de incentivo a negócios 0.282	12.3%



Mandioca e Fruticultura

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

GOVERNO
FEDERAL