

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS APTAS À INSTALAÇÃO DE UNIDADES ARMAZENADORAS COLETORAS DE CEREAIS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - BRASIL

Victor Hugo Rohden Prudente¹, Denis Corte Vieira¹, Nildson Rodrigues de França e Silva¹, Willian Vieira de Oliveira¹, Lucas Volochen Oldoni¹, Marcos Adami¹ e Ieda Del'Arco Sanches¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{victor.prudente; denis.vieira; nildson.silva; willian.oliveira; lucas.oldoni; marcos.adami e ieda.sanches }@inpe.br

RESUMO

As Unidades Armazenadoras Coletoras (UACs) configuram a principal fonte de armazenagem de cereais no Brasil. Entretanto, a falta de investimento e a má distribuição espacial das UACs configuram um déficit nacional de armazenamento de cereais. Diante disso, este trabalho tem por objetivo identificar dois cenários de áreas aptas à instalação de UAC no estado do Rio Grande do Sul (RS), com e sem déficit municipal de armazenagem de grãos. Para a elaboração dos cenários, considerou-se aspectos técnicos e legais, além da necessidade municipal de armazenagem. A identificação das áreas aptas foi realizada por meio da análise multicritério. Constatou-se que as regiões centro e norte do RS apresentam as melhores condições para a instalação de UAC, enquanto que as regiões mais ao sul do estado apresentam a maior necessidade de UAC.

Palavras-chave — multicritério, agricultura, AHP, armazenagem.

ABSTRACT

Collector-type grain storage facilities (UACs) represent the most commonly used grain storage system in Brazil. However, the lack of investment and the poor spatial distribution of the UACs result in a national cereal storage deficit. This study aims to identify two scenarios of suitable areas for the installation of UAC in the Rio Grande do Sul state (RS), with and without municipal grain storage deficit. In order to elaborate both scenarios, it was considered in this study not only technical and legal aspects, but also the municipal need for storage. The identification of suitable areas was performed by multicriteria analysis. It was verified that the central and northern regions of the RS present the best conditions for the installation of UAC, whereas the southern regions present the greatest need.

Key words — multicriteria, agriculture, AHP, storage.

1. INTRODUÇÃO

Estocar a produção de cereais representa uma importante fase no ciclo de produção, pois permite a manutenção da qualidade do produto e a disponibilização do mesmo no período em que não se tem a produção. Este processo possibilita que os produtos sejam comercializados na entressafra, controlando o

fluxo da produção de cereais para todas as demais cadeias produtivas [1]. A armazenagem dos cereais ocorre em construções específicas, denominadas Unidades Armazenadoras (UAs), que se localizam na zona rural ou urbana e possuem características operacionais próprias para armazenagem dos cereais. No Brasil, a armazenagem ocorre sumariamente em Unidades Armazenadoras Coletoras (UACs), que possuem capacidade operacional para atender a demanda local [1], [2].

Entretanto, o aumento na produção de grãos, aliado a má distribuição espacial e ao baixo investimento na construção de UAC, levam a um déficit de armazenagem em diversas localidades do Brasil [1]. Nestas regiões, há uma evidente necessidade de instalação de novas UACs. Porém, para a instalação de UAC deve-se escolher locais estratégicos, uma vez que o seu funcionamento impacta a sociedade e o ambiente, tanto negativamente, com poluição sonora e do ar, quanto positivamente, gerando emprego e renda. Desta maneira, características de relevo, proximidade de rodovias e de centros urbanos devem ser levados em consideração [1], além da área de produção em si.

Assim, identificar locais aptos e com necessidade de instalação de UAC é uma etapa essencial no planejamento da construção de novas instalações. Para isso, uma alternativa é utilizar técnicas e métodos de geoprocessamento, por meio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG). O uso desses sistemas pode ser justificado pela redução de tempo e custos, bem como pela robustez na análise das variáveis envolvidas.

Neste contexto, as técnicas *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e análise booleana se destacam. A AHP é o método mais utilizado no apoio à tomada de decisão em problemas com múltiplos critérios [3], [4]. Já a análise booleana é a técnica mais simples utilizada na análise espacial, sendo realizada por meio da combinação lógica de mapas binários, com a aplicação de operadores algébricos condicionais [5].

Diante disto, esse estudo tem por objetivo identificar áreas aptas para a instalação de UAC no estado do Rio Grande do Sul, simulando cenários sem (cenário 1) e com (cenário 2) o déficit municipal de armazenagem de grãos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende o estado do Rio Grande do Sul (RS), localizado no extremo sul do Brasil, entre as coordenadas 27°04'S; 49°42'O e 33 45'S; 57°38'O, com 497 municípios. Na

última safra, o RS foi principal produtor nacional de amendoim, arroz e aveia, o 2º maior produtor de trigo, o 3º de soja e o 6º de milho, produzindo um montante de 35.226,7 mil toneladas destes grãos [6].

2.2. Planos de informação

Foram utilizados diferentes planos de informação, obtidos por meio de dados de acesso livre, disponibilizados por diversas instituições, conforme apresentados na Tabela 1. Estes planos de informação foram reclassificados de acordo com a aptidão das áreas para a instalação das UACs, obedecendo a legenda: muito bom, bom, regular e ruim (Tabela 2); além de identificar áreas aptas e inaptas. Enquanto a classe denominada muito bom refere-se a atributos mais propícios à instalação de UAC, a classe ruim refere-se aos atributos menos propícios à instalação.

Tabela 1. Planos de informação utilizados.

Dado	Fonte
Declividade - Topodata	INPE
Áreas Povoadas	IBGE
Assentamentos Rurais	INCRA
Hidrografia	Geolivre
Massa d'Água	Geolivre
Municípios	IBGE
Produção e estoque agrícola municipal	IBGE
Estoques municipais	IBGE
Quilombolas	INCRA
Rodovias municipais, estaduais e federais	Geolivre
Terras Indígenas	FUNAI
Unidades Armazenadoras	CONAB
Unidades de Conservação	MMA

Tabela 2. Definição das classes para análise multicritério.

Classe	Dec	Pov	Rod	Def
muito bom	0 a 3%	1km a 3km	100m a 3km	< -195000
bom	3 a 8%	3km a 7km	3km a 7km	-195000 a -130000
regular	8 a 20%	7km a 15km	7km a 15km	-130000 a -65000
ruim	20 a 45%	Acima de 15km	Acima de 15km	-65000 a 0

Dec: declividade; Pov: povoados, vilas e demais áreas urbanizadas; Rod: principais vias e rodovias; Def: déficit municipal de armazenagem (em toneladas).

Áreas mais próximas a vias (rodovias municipais, estaduais e federais) e povoados (assentamentos rurais, áreas povoadas) são consideradas mais propícias para a instalação de UAC, devido as facilidades de escoamento e de mão de obra. Na Tabela 2 são apresentadas as quatro diferentes distâncias de *buffers*, bem como as respectivas qualificações.

Para se obter o déficit/superávit de armazenagem municipal, comparou-se a capacidade de armazenagem municipal [7] com a produção municipal de grãos (arroz, feijão, milho, soja e trigo) [8] para o ano de 2015. Assim, conforme apresentado na Tabela 2, agrupou-se os municípios do RS de acordo com o déficit de armazenagem: quanto maior o déficit, maior a necessidade de instalação de UAC.

O relevo é outro fator que interfere na instalação das UACs, sendo que quanto menor a declividade, mais apto é um local para receber sua instalação. Desta maneira, os dados de declividade [9] foram reclassificados, considerando as classes propostas pela Embrapa [10], as quais podem ser observadas na Tabela 2.

Além das qualificações apresentadas, considerou-se também regiões onde não se recomenda ou não se permite a instalação das UACs, de acordo com normativas e legislação pertinente. Nesse contexto, se considerou como restritivas as áreas povoadas com *buffer* de 1 km (APO), Unidades de Conservação com *buffer* de 2 km (UNC) [11], terras indígenas com *buffer* de 8 km (TIN) [12], canais de drenagem com *buffer* de 50m (CDR), corpos hídricos com *buffer* de 500m (CDR2) [13], rodovias com 100 m de *buffer* (ROD), e as áreas com declividade acima de 45% (DEC).

Os municípios que apresentaram superávit de armazenagem (SA) para o ano em questão foram considerados como áreas restritivas para instalação de UAC em uma das abordagens (cenários).

2.3. Multicritério

2.3.1. Grau de importância

A partir da qualificação apresentada na Tabela 2, utilizou-se a técnica AHP para comparação pareada (Tabela 3), onde se indicou a importância relativa de uma classe sobre a outra conforme a escala fundamental de Saaty [14]. Na Tabela 3, o valor 1 indica igual importância entre as classes, o valor 3 demonstra pequena importância de uma classe sobre a outra, o valor 6 indica grande importância de uma classe sobre a outra e o valor 9 sugere uma absoluta importância de uma classe com relação a outra.

Tabela 3. Matriz de comparação par a par.

	muito bom	bom	regular	ruim
muito bom	1	3	6	9
bom		1	3	6
regular			1	3
ruim				1

Após comparar as classes de acordo com a sua importância, conforme a escala fundamental de Saaty [14], foi realizado o cálculo dos pesos de cada classe, por meio do *software* livre *Super Decisions* e dos valores apresentados na Tabela 3.

Assim, quanto maior o valor do peso, mais importante é a classe na determinação das áreas para instalação das UACs. O valor dos pesos de cada classe foi de 59 para muito bom, 26 para bom, 11 para regular e 5 para ruim. A Tabela 4 apresenta a distribuição dos valores desses pesos (em decimais) para cada uma das classes.

Tabela 4. Definição dos pesos de acordo com a técnica AHP.

Variável	Classe	Peso (%)
Áreas povoadas	1 a 3 km	59
	3 a 7 km	26
	7 a 15 km	11
	Maior que 15 km	05
Rodovias	100 m a 3 km	59
	3 a 7 km	26
	7 a 15 km	11
	Maior que 15 km	05
Declividade	0 a 3%	59
	3 a 8%	26
	8 a 20%	11
	20 a 45%	05
Déficit de armazenagem	< -195000	59
	-195000 a -130000	26
	-130000 a -65000	11
	-65000 a 0	05

2.3.2. Cenários

Após os processamentos anteriores, aplicou-se a análise multicritério [15] para identificar as áreas aptas à instalação das UACs no RS. Para o primeiro cenário procurou-se identificar as áreas aptas para implementação de UAC em todo RS. Já para o segundo cenário foram identificadas as áreas aptas dentro das localidades com demanda (déficit) de armazenagem.

No primeiro cenário (C1) (Eq. 1) considerou-se a declividade (DEC), as distâncias de áreas povoadas (POV) e as distâncias de rodovias (ROD), com pesos de 0,4, 0,3 e 0,3, respectivamente. Se considerou a declividade com importância maior, pois altas declividades requerem maiores cuidados técnicos e legais quanto a instalação de UAC. Neste cenário, por meio de álgebra booleana, foram retiradas as áreas consideradas impróprias ($IMP1 = APO * UNC * TIN * CDR * CDR2 * ROD * DEC$).

$$C1 = (0,4 * DEC + 0,3 * ROD + 0,3 * POV) * IMP1 \quad (1)$$

Para o segundo cenário (C2), conforme Eq. 2, atribuiu-se empiricamente pesos de 0,3 para a declividade e para o déficit de armazenagem municipal e 0,2 para distâncias de povoados e de rodovias. Considerou-se os municípios com déficit de armazenagem com maior peso uma vez que o objetivo deste cenário é dar destaque aos municípios que não são autossuficientes quanto a sua capacidade de armazenagem. Analogamente ao cenário 1, foram retiradas as áreas impróprias por meio de álgebra booleana ($IMP2 = SA * APO * UNC * TIN * CDR * CDR2 * ROD * DEC$).

$$C2 = (0,3 * DEC + 0,3 * DEF + 0,2 * ROD + 0,2 * POV) * IMP2 \quad (2)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A razão de inconsistência da análise AHP foi de 0,03044, o que indica que a probabilidade da matriz ser aleatória é menor que 10%, o que garante que os pesos gerados podem ser utilizados na análise multicritério.

Considerando os critérios do primeiro cenário, conforme mapa apresentado na Figura 1, na metade norte do estado, planalto médio, há maior concentração de áreas com melhor aptidão para a instalação de UAC.

No cenário 2, apresentado na Figura 2, verifica-se que a metade sul do estado, região dos pampas, há áreas com necessidade e áreas aptas para instalação de UAC. Os municípios de Arroio Grande (extremo sudeste), Itaqui e Maçambará (oeste, divisa com a Argentina), Sant'anna do Livramento (ao sul) e Muitos Capões (ao norte) se destacam com maior frequência de áreas qualificadas como muito boas ou boas para a instalação de UAC.

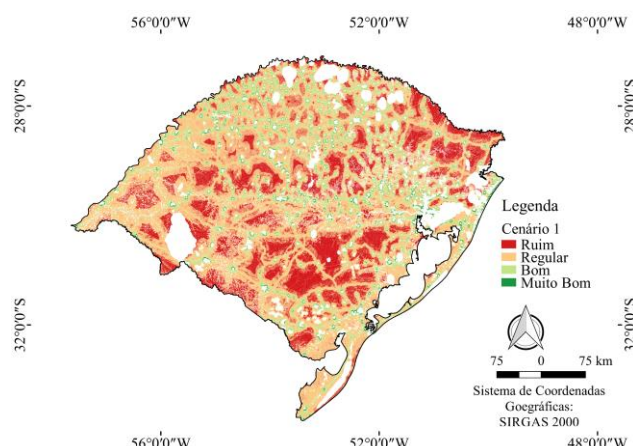


Figura 1. Cenário 1, com áreas aptas à instalação de UAC.

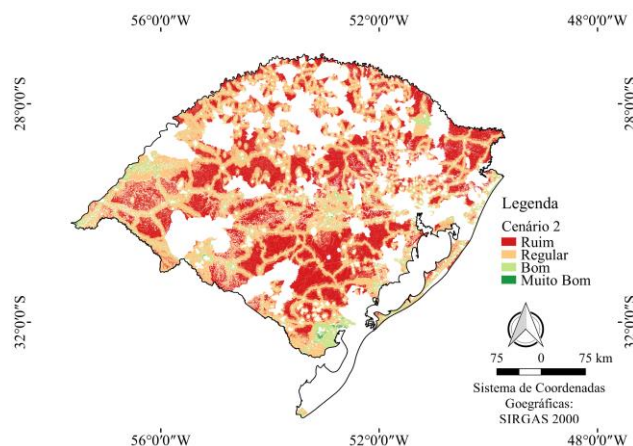


Figura 2. Cenário 2, considerando áreas com necessidade e aptas à instalação de UAC

Em ambos os cenários há predominância da classe de aptidão regular, conforme apresentado na Tabela 5. Considerando o cenário 2, houve uma redução no percentual de áreas qualificadas como muito boas, principalmente pelo fato destas áreas estarem localizadas na metade norte do estado, que apresenta vários municípios autossuficientes em armazenagem de cereais.

Nos municípios do planalto médio gaúcho, a soja e o trigo estão consolidados desde os anos 50 [16]. Assim, nessa região

há uma infraestrutura mais adequada, estabelecida ao longo dos anos para atender a armazenagem total da produção, resultando em superávit de armazenagem. Já nas regiões dos pampas, o avanço nas áreas de lavoura se deu nas últimas duas décadas [17], principalmente pela expansão da soja [18]. Desta maneira, esta região ainda está se adequando estruturalmente para atender tal avanço, apresentando déficit de armazenagem.

Existem 4780 UA cadastradas junto a CONAB [7] no RS. Destas, apenas 127 se enquadram na classe muito bom e 560 na classe bom, de acordo com o cenário 1. Aproximadamente 50,4% das UA se encontram em áreas impróprias para a sua instalação (reservas, centros urbanos, terras indígenas, etc) e 145 UA não estão situadas dentro dos limites do RS. Desta maneira, as áreas com melhor aptidão do cenário 1 servem também para um realocamento das unidades já existentes.

O cenário 2 procura qualificar as áreas com necessidade de instalação de UAC, servindo como informação estratégica para a iniciativa pública e privada, visando suprir o déficit de armazenagem do estado.

Tabela 5. Área por classe, em seu respectivo cenário.

Classes	Cenário 1		Cenário 2	
	(km ²)	%	(km ²)	%
ruim	62735,3	29,5%	69892,8	42,9%
regular	114172,7	53,6%	83454,8	51,2%
bom	32426,7	15,2%	9469,0	5,8%
muito bom	3527,6	1,7%	187,1	0,1%
Soma	212862,4	100%	163003,7	100%

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a utilização de análise multicritério permite a identificação de áreas aptas à instalação de UAC no Rio Grande do Sul. Das áreas consideradas aptas, aproximadamente 50% são qualificadas com aptidão regular, em ambos os cenários.

O cenário 1 apresenta uma qualificação geral das áreas do RS para a instalação de UAC. Já o cenário 2 identifica a ocorrência destas áreas apenas em municípios que possuíam déficit de armazenagem. Assim, o cenário 2 identifica áreas onde deve-se considerar um planejamento governamental e privado para atender o déficit de armazenagem.

Para trabalhos futuros, recomenda-se adicionar o mapeamento de culturas agrícolas na análise multicritério.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

6. REFERÊNCIAS

[1] Silva, J.S., Secagem e armazenagem de produtos agrícolas, 2nd ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008.

[2] Brasil, “Instrução Normativa No 29/2011.” Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Brasília, 2011.

[3] Marins, C.S.; Souza, D.O. e Barros, M.S., “O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso,” in Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, 2009, pp. 1778–1788.

[4] Dias, V.S.B. e Silva, A.B., “AHP na modelagem da vulnerabilidade ambiental do mini corredor ecológico Serra das Onças (BA)”, *Rev. Bras. Cartogr. a*, vol. 6, no. 66, pp. 1363–1377, 2014.

[5] Bispo, P.C.; Almeida, C.M.; Valeriano, M.D.M.; Medeiros, J.S. e Crepani, E. “Análise da suscetibilidade aos movimentos de massa em São Sebastião (SP) com o uso de métodos de inferência espacial”, *Geociências*, vol. 30, no. 3, pp. 467–478, 2011.

[6] Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). “Série histórica das safras,” 2018. [Online]. Disponível: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=10>.

[7] Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). “Mapa da Capacidade Estática dos Armazéns,” Armazéns, 2017. [Online]. Disponível: <https://www.conab.gov.br/armazenagem>. [Accessed: 19-Mar-2017].

[8] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). “Pesquisa Agrícola Municipal – PAM”, 2018. [Online]. Available: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. [Accessed: 30-May-2018].

[9] Valeriano, M.D.M. “Topodata: Guia Para Utilização De Dados”, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), vol. 8. São José dos Campos, p. 73, 2008.

[10] Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola (EMBRAPA). “Sistema Brasileiro de Classificação de Solos”, 2ª ed. Brasília: Embrapa Soja, 2009.

[11] Brasil. “Código Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul.” Gabinete de Consultoria Legislativa, Porto Alegre, 2000.

[12] Brasil. “Portaria Interministerial No60/2015.” Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2015.

[13] Brasil. “Lei No 12.651, de 25 de maio de 2012.” Casa Civil, Brasília, 2012.

[14] Saaty, T.L. “The Analytic Hierarchy Process: Planning Setting Priorities, Resource Allocation”, Nova Iorque; Londres: McGraw-Hill International Book Co, 1980.

[15] Lorentz, J.F.; Calijuri, M.L.; Marques, E.G.; e Baptista, A.C., “Multicriteria analysis applied to landslide susceptibility mapping,” *Nat. Hazards*, vol. 83, no. 1, pp. 41–52, Ago. 2016.

[16] Conceição, O.A.C., “A expansão da soja no Rio Grande do Sul 1950-75.” Fundação de Economia e Estatística, Porto Alegre, p. 108, 1986.

[17] Pizzato, F. “Pampa gaúcho: causas e consequências do expressivo aumento das áreas de soja”, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação (Mestrado em Geografia), pp. 105, 2013.

[18] Santos, J.S.; Fontana, D.C.; Silva, T.S.F. e Rudorff, B.F.T., “Identificação da dinâmica espaço-temporal para estimar área cultivada de soja a partir de imagens MODIS no Rio Grande do Sul,” *Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient.*, vol. 18, no. 1, pp. 54–63, 2014.