



Uso de Regras de Associação em Processos Tecnológicos para Produção e Conservação de Forragens

Urbano G. P. Abreu¹, Patrícia M. Santos², Helano P. de Lima³, Patrícia B. Fávero⁴

¹Embrapa Pantanal (CPAP)
Caixa Postal 109 – 79320-900 – Corumbá – MS – Brazil

²Embrapa Pecuária Sudeste (CPPSE)
São Carlos, SP – Brasil.

³Embrapa Agricultura Digital (CNPTIA)
Campinas – SP – Brasil;

⁴Universidade Federal do ABC (UFABC)
Santo André –SP.

{urbano.abreu,patricia.santos,helano.lima}@embrapa.br,
patricia.favero@ufabc.edu.br

Abstract. *In Brazil, there is a great diversity of livestock production systems on pasture, which plays a fundamental role in the conservation of the rural landscape. By means of the a priori algorithm, patterns of combinations between the technologies developed for the production and conservation of forage were extracted. The systematization allowed a better understanding of the technologies that should be the basis for the development of forage production and maintenance, helping in the process of selection and prioritization of research projects.*

Resumo. *No Brasil, existe grande diversidade de sistemas de produção de pecuária a pasto, que desempenha papel fundamental na conservação da paisagem rural. Por meio, do algoritmo apriori foram extraídos padrões de combinações entre as tecnologias desenvolvidas para produção e conservação de forrageiras. A sistematização permitiu melhor entendimento sobre as tecnologias que devem ser a base para o desenvolvimento da produção e manutenção das forrageiras, auxiliando no processo de seleção e priorização de projetos de pesquisa.*

1. Introdução

Mais de 85% dos municípios do Brasil possuem atividade pecuária e, apesar da média nacional de produtividade estar aumentando nos últimos anos, ela ainda é baixa e existe espaço para a intensificação tecnológica do setor. Para que seja possível, grandes esforços de pesquisa e desenvolvimento (P&D) são necessários, com atuação nos diferentes biomas do País. Especialmente a recuperação de pastagens se apresenta como um desafio marcante (Fetran-Barbieri e Féres, 2021).

A pecuária a pasto desempenha um papel fundamental na conservação da paisagem rural, segurança e bioeconomia, permitindo subsistência, receita e alimentação. Por outro lado, a pecuária pode estar associada a impactos negativos aos ecossistemas, especialmente em função do manejo deficiente das pastagens nativas e cultivadas. A intensificação do pastoreio e a introdução de espécies forrageiras mais produtivas podem representar oportunidades para agregar valor, e conservar áreas sensíveis encontradas em diferentes biomas que compõem os sistemas de pecuária do Brasil (Dick, et al., 2021).

O objetivo deste trabalho foi extrair conhecimento sobre técnicas utilizadas pelos *stakeholders* na implantação das pastagens. Por meio, da seleção de regras de associações agrupadas por cada Bioma do Brasil, foi possível evidenciar os principais processos tecnológicos envolvidos, o que fornece suporte ao desenvolvimento de projetos de P&D ajustados às demandas dos produtores.

2 Material e Métodos

A Embrapa organiza os projetos em temas estratégicos agrupados por Portfólios, que são instrumentos de apoio gerencial. A missão dos Portfólios é direcionar a produção de soluções em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) para demandas nacionais e suas interfaces com as demandas regionais. Para captar os processos desenvolvidos pelos *stakeholders* no Portfólio de Pastagens optou-se em levantar demandas para pesquisa e desenvolvimento pela utilização de questionário.

Por meio eletrônico foi disponibilizado questionário respondido por 712 produtores e técnicos todas as regiões e biomas brasileiros, entre julho e agosto de 2019. A maioria dos respondentes foi dos biomas, Cerrado (250 – 35%) e Mata Atlântica (244 - 34%), seguido da Caatinga (93 – 13%), Amazônia (66 – 9%), Pampa (51 – 7%) e Pantanal (8 – 0,02%). Como houve amostra pequena de respostas do Pantanal, os dados foram retirados da análise.

As tecnologias na implantação das pastagens foram avaliadas como adotadas (1) ou não (0), e por meio da associação entre as tecnologias foi caracterizado os sistemas para manejo e conservação das pastagens. As tecnologias classificadas dentro de cada grupo de processo tecnológico, foram:

- A. **Manejo e conservação de água e solo.** 1) Análise do Solo (FAnalSolo); 2) Correção do solo (PCorrecao); 3) Adubação com N, P, K ou S (PMacro); 4) Adubação com N, K ou S no plantio ou em cobertura (FMacro); 5) Adubação com fósforo no plantio (FFosf); 6) Adubação com micronutrientes (FMicro); 7) Técnicas de conservação do solo e da água (PCurvaNivel); 8) Preparo do solo (FPrepSolo); e 9) Plantio direto (FPDireto).

- B. Operação de plantio.** 1) Usa sementes certificadas (FSemCert); 2) Semeadura manual (FSemManual); 3) Semeadura mecanizada a lança (FSemMec); 4) Semeadura mecanizada em linha (FSemLinha); 5) Operação para enterrar a semente quando plantada a lança (FEntSem); 6) Compactação da semente após plantio (FCompSem); 7) Plantio por mudas manual (FMudaMan); 8) Plantio por mudas mecanizado (FMudaMec); e 9) Controle de invasoras (FContInv).
- C. Planejamento do sistema e manejo do pastejo.** 1) Planejamento dos setores de produção de forragem na propriedade (PPlanej); 2) Pastejo Rotacionado (PRotacio); 3) Pastejo contínuo (PContin); 4) Acompanhamento e controle de frequência e intensidade de pastejo das plantas (PManejo); 5) Acompanhamento e controle da taxa de lotação das pastagens (PTxLot); 6) Conservação de forragem (PConserv); 7) Diferimento do uso de pastagens (PDif); 8) Capineira para corte e fornecimento no cocho (PCapineira); 9) Cana-de-açúcar (PCana); 10) Sistemas de integração lavoura pecuária (PILP); 11) Sistemas de integração pecuária floresta (PIPF); 12) Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (PILPF); 13) Sobressemeadura de forrageiras temperadas (PSobressead); 14) Pasto consorciado de gramíneas e leguminosas (PConsort); 15) Irrigação (PIrrig); 16) Banco de proteínas (PBancProt); e 17) Palma (PPalma).
- D. Controle de invasoras, pragas e doenças.** 1) Controle de invasoras com herbicidas (PInvHerb); 2) Controle mecânico de invasoras (PInvMec); 3) Controle de pragas com defensivos químicos e/ou biológicos (PPragas); 4) Controle manual de invasoras (PInvManual); 5) Controle de pragas (FContPagra); e 6) Controle de doenças com defensivos químicos e/ou biológicos (PDoencas).

Descoberta de conhecimento em base de dados (*Knowledge Discovery in Databases – KDD*) foi formalmente definido por Fayyad et al. (1996), como “um processo, de várias etapas, não trivial, interativo e iterativo, para a identificação de padrões compreensíveis, válidos, novos e potencialmente úteis, embutidos nos dados de uma grande base”.

Para a descoberta dos padrões de combinações entre tecnologias desenvolvidas para produção e conservação de forrageiras foi utilizado o algoritmo *a priori* o qual fornece padrões com Regras de Associações (RA), que consistem em uma expressão de associação, representada como X (antecedente) $\Rightarrow Y$ (consequente). A extração de um padrão de associação pode existir pelo acaso, logo, é necessário medir a veracidade da Regra de Associação descoberta (Agrawal et al., 1994).

A força da RA regra $X \Rightarrow Y$ foi avaliada no conjunto de tecnologias (T) com a estimativa do suporte (Sup) e confiança (Conf). O Sup determina a frequência com que a regra é aplicável a determinado conjunto de dados. E a Conf determina a frequência na qual Y aparecem em associação com X. Estes atributos organizados em conjuntos ordenados por meio das associações dos itens $X \Rightarrow Y$ determinam o *itemset*. Quando as combinações das regras formam grupos como $X Y \Rightarrow Z$. O conjunto de itens X e Y determinam um *itemset*, e o item Z determina outro *itemset* (Aggarwal 2015).

Portanto foram utilizadas as métricas abaixo para ajustar o algoritmo *a priori*:

- Suporte (Sup);
- Confiança (Conf); e.
- *Lift*, que é a frequência de associações de X e Y (Sup) em relação à probabilidade (P) de X e Y. O índice indica o grau de inesperabilidade da RA. Se *lift* =

1, ou menor ($<$) que 1 então as variáveis são independentes. Se o valor for > 1 , as duas ocorrências são dependentes.

A Conf mínima utilizada dependeu de cada Bioma, pois as respostas foram originárias de diferentes sistemas. As métricas forneceram a base para interpretar as regras. Foi utilizado o algoritmo *apriori* do programa WEKA conforme descrito por Witten et al., (2011).

3. Resultados

Na Figura 1, observa-se as nove RA observadas em relação ao sistema de produção e conservação de forrageiras no Bioma Cerrado. A Conf e Sup foram de no mínimo 90% e 55%, respectivamente. Os *itemsets* PAnlSolo, FAnlSolo, PCorrecao e FCorSolo foram os de maior associação sendo que suas combinações formaram as regras (Conf $>$ 90%), e todas as estimativas *lift* maiores que 1 (amplitude de 1,48 a 1,25).

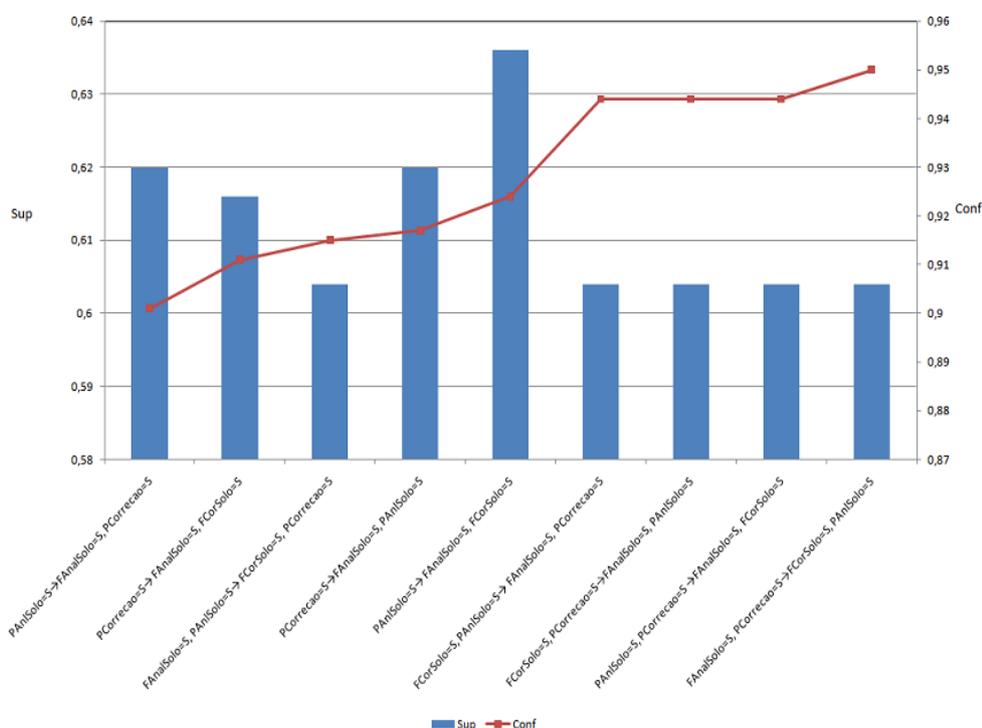


Figura 1 – Regras encontradas para o Bioma Cerrado, com mínimo de Suporte (Sup) de 55% e mínimo de Confiança (Conf) de 90%.

Claramente as práticas básicas de manejo e conservação de água e solo foram as RA mais importantes. Práticas bem conhecidas para o desenvolvimento e sustentação das pastagens do Bioma. Ou seja, que minimizam a degradação dos solos utilizados para o estabelecimento das pastagens.

As regras extraídas dos dados dos respondentes do Bioma Mata Atlântica, com Suporte (Sup) mínimo de 35% e confiança mínima (Conf) de 85% são mostradas na Figura 2. As práticas mais importantes na construção das regras foram: FPrepSolo, FCorSolos, PCorrecao, FAnlSolo, PAnlSolo, FFosf e PMacro. Também ligadas ao manejo e conservação de água e solo. Porém observamos a presença de *itemsets*, que

conservação de água e solo. Com especial presença dos *itemsets* de adubação e correção (FMacro e PCorrecao).

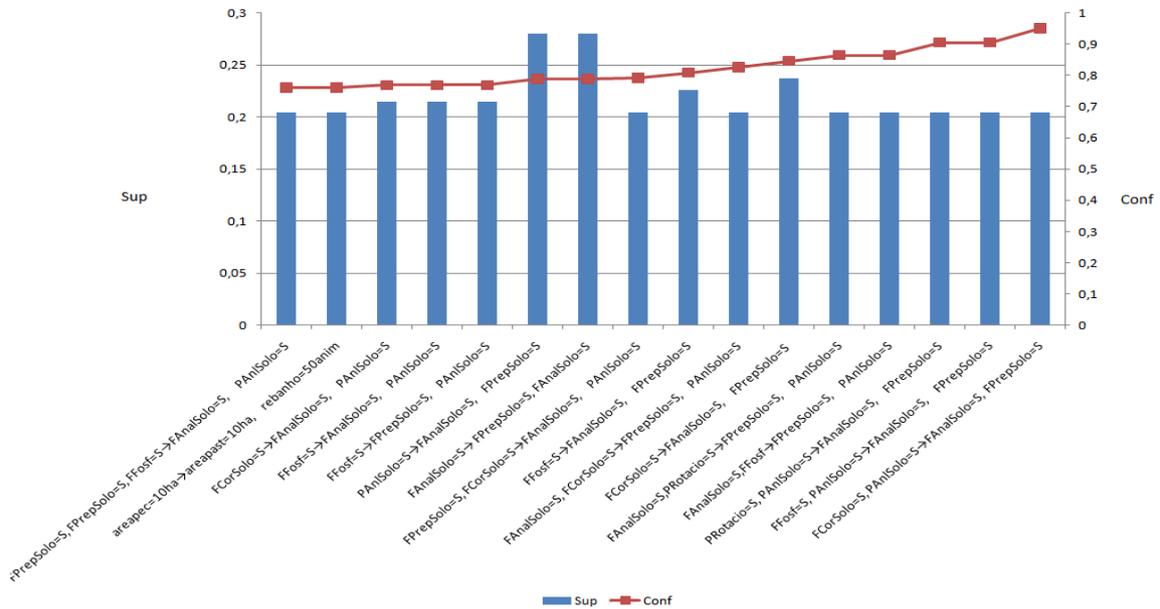


Figura 3 – Regras encontradas para o Bioma Caatinga, com mínimo de Suporte (Sup) de 20% e mínimo de Confiança (Conf) de 75%.

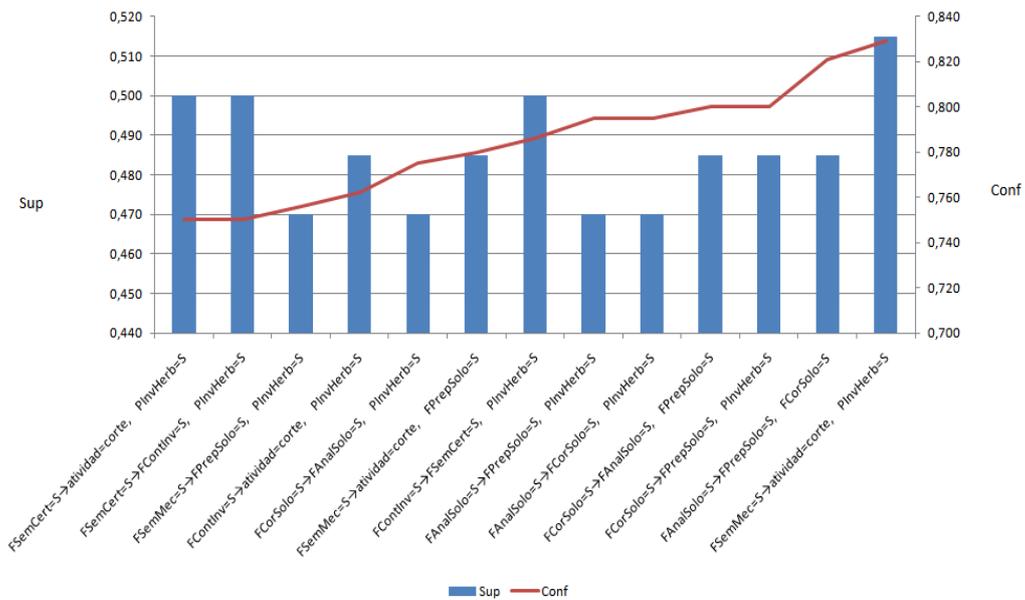


Figura 4 – Regras encontradas para o Bioma Amazônia, com mínimo de Suporte (Sup) de 45% e mínimo de Confiança (Conf) de 75%.

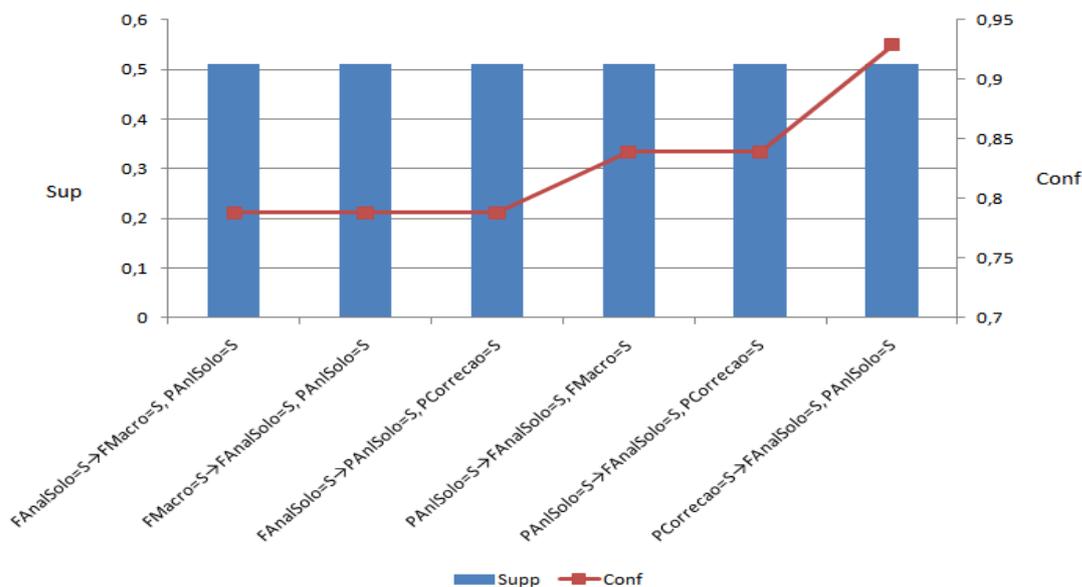


Figura 5 - Regras encontradas para o Bioma Pampa, com mínimo de Suporte (Sup) de 50% e mínimo de Confiança (Conf) de 75%.

4. Discussão

As tecnologias direcionadas para o manejo e conservação de solos, no momento da formação das pastagens foram as que extrairam a maior parte das regras, especialmente para os Biomas: Cerrado, Pampa e Mata Atlântica com a confiança maior que 80%, que mede a confiabilidade daRA. O suporte determina a frequência na qual determinada regra é aplicável a um determinado conjunto de dados, nestes Biomas o suporte foi maior que 40%. Assim podemos observar as associações das tecnologias que das quais foram extraídas regras fortes, sendo as principais delas: FAnaSolo, FCorSolo, PAnaSolo, PCorrecao, FFosf, FPrepSolo e FMacro. Isso sugere que a maioria dos respondentes está direcionando, na formação das pastagens, para sistema de produção e conservação provavelmente para a manutenção das pastagens produtivas. O manejo e a adubação de manutenção são necessários para isso. Tal resultado vai ao encontro ao observado por Santos e Euclides (2022), que inferiram os mesmos resultados. Estes *itemsets* frequentes de tecnologias podem ajudar a estabelecer sistemas a serem transferidos aos produtores para o aumento da eficiência.

Em relação ao Bioma Amazônia, as regras extraídas, com suporte maior que 40% e a confiança maior que 75%, nos permitem observar que são principalmente direcionadas para formação de pastagens com cuidados relacionados ao preparo dos solos, controle de invasoras e uso de sementes certificadas com semeadura mecanizada. Vale ressaltar que a atividade de pecuária de corte é um *itemset* que está contido na parte direita (consequente) das regras. Ou seja, as tecnologias de produção e manutenção de pastagens são direcionadas principalmente para a produção de bovino de corte. A pecuária de corte neste Bioma precisa ser melhor compreendida, pois ainda não há avaliação científica do efeito conservador da produção animal a pasto com a possibilidade de minimizar os impactos da pecuária no Bioma Amazônia. Especialmente em relação a mais estudos com ênfase sobre a conservação da biodiversidade, valorização dos recursos locais e a inclusão de aspectos

socioeconômicos nas análises sistêmicas (Dick et al., 2021). Destaca-se o fato de o suporte mínimo precisar ser menor no Bioma Caatinga em relação aos outros Biomas (20%), provavelmente em função de maior dispersão na seleção das tecnologias na tomada de decisão para o estabelecimento das pastagens. Uma das regras extraídas foi relacionada à estrutura produtiva dos produtores (área para pecuária igual a 10 hectares). Ou seja, existe uma grande parcela de pequenos produtores no Bioma envolvidos com formação e produção de pastagens. As regras extraídas (confiança mínima de 80%) são direcionadas para preparo de solo para formação de pastagens (FAnalSolo, FPrepSolo, FCorSolo e FFosf).

5. Conclusão

A extração das regras por meio da metodologia de associação *a priori* permitiu maior entendimento para a sistematização das tecnologias que devem ser a base para o desenvolvimento da produção e manutenção das forrageiras. Estas regras sendo sistematizadas deverão contribuir para o processo de seleção e priorização de projetos de pesquisa.

6. Referências

- Aggarwal, C. C. (2015) *Data mining: the textbook*. New York: Springer, 734p.
- Agrawal, R., Srikant, R. (1994) Fast algorithms for mining association rules. In: *International Conference on Very Large Data Bases*, 20., Santiago de Chile. Proceedings... San Francisco: Morgan Kaufmann, p.487-499.
- Dick, M., Silva, M. A. da, Rickiel, R. F. da S., Ferreira, O. G. L., Maia, M. de S., Lima, S. F. de, Paiva Neto, V. B.de, Dewes, H. (2021) Environmental impacts of Brazilian beef cattle production in the Amazon, Cerrado, Pampa, and Pantanal biomes. *Journal of Cleaner Production*, v. 311, 127750. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127750>.
- Fayyad, U. M., Piatetsky-Shapiro, G., Smyth, P. (1996) From data mining to knowledge discovery in databases. *AI Magazine*, Menlo Park, v.17. p.37-54.
- Feltran-Barbieri, R., Féres, J.G. (2021) Degraded pastures in Brazil: improving livestock production and forest restoration. *Royal Society Open Science*. 8: 201854. <https://doi.org/10.1098/rsos.201854>. 2021
- Santos, P. M., Euclides, V. P. B. (2022). *Demandas para pesquisas e desenvolvimento para as pastagens no Brasil*. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 59 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 144)
- Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A.(2011). *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. 3rd edition. Morgan Kaufmann, San Francisco, 629 p.