



## MÁQUINAS PARA A PRODUÇÃO DA SILAGEM: ESTADO DA ARTE DOS EQUIPAMENTOS DISPONIBILIZADOS PELOS FABRICANTES NO BRASIL

Mauro Fernando Ferreira <sup>1\*</sup>, Airton dos Santos Alonço<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

\*E-mail: maurof@ufpel.edu.br

Recebido em: 16/11/2021  
Aceito em: 25/01/2022

### RESUMO

A silagem é um processo de conservação da forragem obtido a partir da planta verde, na qual os vegetais são cortados e/ou fragmentados, com máquinas estacionárias, tratorizadas ou autopropelidas, sendo armazenada em silos ou utilizada na alimentação direta dos animais. O planejamento da mecanização em um sistema de produção leva em consideração aspectos qualitativos e quantitativos de modo que a seleção dos componentes supra a necessidade, podendo ser em muitos casos superestimados, visando maior eficiência e produtividade e prejuízos em outros aspectos como econômicos, agrônômicos e ao ambiente. Este trabalho teve o objetivo de realizar a coleta de dados dos parâmetros técnicos disponibilizados pelos fabricantes das desintegradoras, ensiladoras, colhedoras de forragem tratorizadas e autopropelidas e apresentar o estado da arte existente no mercado brasileiro. Desta forma, se criou um banco de dados com informações técnicas das máquinas através de busca nas páginas eletrônicas dos fabricantes e calculadas as suas relações. Posteriormente foram feitas as análises estatísticas descritivas e calculados mínimos, médios e máximos, amplitude, número de valores, número de classes, desvio padrão, coeficiente de variação e amplitude de classes além das frequências absolutas e relativas e a construção dos histogramas. Os resultados indicaram que no Brasil o mercado de máquinas para a produção da silagem apresenta 19 marcas e 201 modelos sendo que 36,3% são desintegradoras, 25,9% ensiladoras, 30,3% colhedoras de forragem tratorizadas e 7,5% autopropelidas. Embora cada tipo de equipamento apresente uma grande amplitude na capacidade de trabalho e potência de acionamento ocorre a predominância nos modelos ofertados.

**Palavras-chave:** Máquinas estacionárias, colhedoras de forragem, colhedora de forragem de duplo corte, colhedora de forragem autopropelida.

### 1 Introdução

A silagem é um processo de conservação da forragem onde o alimento, para ruminantes, é obtido a partir da planta verde, com teores de matéria seca entre 30 e 35%, para isto os vegetais devem ser cortados, fragmentados e compactados dentro de um silo onde sofrem fermentação total ou parcial.

Existem dois sistemas de produção da silagem relacionadas as máquinas agrícolas: o semimecanizado onde o corte da planta, carregamento, transporte com auxílio de tratores e carretas e descarregamento é feito de forma manual e a desintegração realizada pelas desintegradoras ou ensiladoras e o totalmente mecanizado quando são utilizadas as colhedoras de forragem

tratorizadas ou autopropelidas com suporte de tratores, carretas, vagões forrageiros e caminhões além dos carregadores e descarregadores dos silos (FERREIRA et al. [1]).

Entre os principais custos de produção agropecuário estão os que envolvem máquinas e insumos e na silagem de milho estudos mostram que o conjunto trator e colhedora de forragem apresenta o maior custo variável, com aproximadamente 48,2%, em razão do elevado tempo de utilização do equipamento (RABELO et al. [2]).

O planejamento da capacidade de um sistema de produção combina parâmetros qualitativos e quantitativos de modo que a seleção dos componentes possa suprir uma demanda (BOCHTIS et al. [3]). A escolha das máquinas muitas vezes não corresponde



a necessidade dos agricultores, sendo principalmente superestimados, com a intenção de se buscar uma maior eficiência e produtividade, mas que pode levar a vários aspectos adversos entre eles perdas econômicas e impactos agrônômicos e ambientais (YEZEKYAN et al. [4]).

A seleção de uma máquina para a produção de silagem depende de muitos fatores como a cultura a ser colhida, o tamanho e o acesso a área, período disponível para a colheita e o valor de aquisição do equipamento (YEZEKYAN et al. [4]).

Para Mantovani [5] o dimensionamento dos equipamentos necessários para compor o sistema de produção da silagem é realizado em função do tempo de colheita e da capacidade de escoamento do material colhido. A largura de corte necessária depende da capacidade efetiva de trabalho no campo que para máquinas de colheita de silagem é realizado em toneladas por hora, velocidade de deslocamento e eficiência.

Existe uma grande variedade de máquinas para a colheita da silagem que podem ser tracionadas ou montadas no sistema hidráulico do trator ou ainda autopropelidas, com potências de acionamento usuais entre 200 e 225kW. Consistem muitas vezes de uma unidade modular onde pode ser acoplada várias unidades de corte e recolhimento em linha, largura total ou ainda para culturas pré-murchadas (WEINBERG et al.[6]).

A seleção de uma máquina para se realizar o processo da silagem é uma tarefa complexa e um método técnico-científico deve ser utilizado, embora poucos materiais se tenham disponível para se buscar a melhor opção. Uma análise técnica e econômica foi realizada por Yezekyan et al. [4] para as colhedoras de forragem autopropelidas a partir de 35 modelos utilizando as características de potência máxima no motor, capacidade do tanque de combustível, massa da máquina e preço.

Para auxiliar no processo de seleção das máquinas colhedoras de forragem tratorizadas, Silveira et al., [7], avaliaram 8 marcas e 45 modelos a partir das informações técnicas dos fabricantes no Brasil. Buscaram as características de marca, modelo, cultura para que foi projetada, modo de colheita, número de facas e rotores alimentadores, rotação requerida na tomada de potência (TDP), produção ( $t.h^{-1}$ ), massa da máquina, sistema de afiação das facas, preço, entre outras. A partir deste banco de dados desenvolveram um algoritmo que permitiu o ranqueamento e a seleção da melhor opção.

O estado da arte é uma referência ao nível atual de conhecimento sobre um determinado tópico que está sendo objeto de análise ou estudo. Abordando os métodos de colheita de azeitona, Lopes et al, [8] realizaram uma revisão narrativa descrevendo os métodos do processo de colheita sob o ponto de

vista teórico e contextual e apresentaram desde os métodos manuais até o totalmente mecanizado. Os tratores compactos e sub compactos no mercado brasileiro foram estudados por Reis et al [9] em relação as características técnicas e concluíram que existe uma grande diversidade de opções para os agricultores que necessitam um trator versátil para todos os tamanhos de propriedade, executando atividades, no campo ou em ambiente fechado, que requeiram dimensões reduzidas (largura, altura e comprimento) e elevada manobrabilidade.

Este trabalho teve o objetivo de realizar a coleta de dados dos parâmetros técnicos disponibilizados pelos fabricantes das desintegradoras, ensiladoras, colhedoras de forragem tratorizadas e autopropelidas e apresentar um estado da arte existente no mercado brasileiro.

## 2 Metodologia

Para se buscar o objetivo deste trabalho se criou um banco de dados através da busca das informações nas páginas eletrônicas dos fabricantes no Brasil em relação aos 4 tipos de máquinas produzidas para a realização do corte, recolhimento e desintegração da forragem que foram as desintegradoras, ensiladoras, colhedoras de forragem tratorizadas e autopropelidas.

Foram pesquisados os seguintes fabricantes: Casale Máquinas Agrícolas, Claas, Combine Máquinas Agrícolas, Cremasco, Garthen Indústria e Comércio de Máquinas Ltda, Ipacol Máquinas Agrícolas, JF Máquinas Agrícolas, John Deere, Krone, Laboremus Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Ltda, Maqtron Vencedora, Menta Mit Máquinas Agrícolas Ltda, Mesel Indústria de Máquinas Agrícolas, New Holland, Nogueira Máquinas Agrícolas, Penha Máquinas Agrícolas, Pinheiro Máquinas Agrícolas, Siltomac Indústria de Implementos Agrícolas e Trapp.

Para as desintegradoras foram obtidos a produção de produtos verdes ( $kg.h^{-1}$ ), potência do motor elétrico, (kW) o número de facas e marteletes. Para as ensiladoras se organizou os dados em produção de produtos verdes máximo e mínimo ( $kg.h^{-1}$ ), potência do motor elétrico máximo e mínimo, (kW) e o número de facas. Nas colhedoras de forragem tratorizadas foram organizadas os dados em massa da máquina (kg), potência de acionamento na tomada de potência (kW), produção de produtos verdes ( $kg.h^{-1}$ ), número de linhas ou largura total de corte e recolhimento (m), a relação massa da máquina por unidade de potência ( $kg.kW^{-1}$ ), a potência máxima no motor por linha ( $kW.linha^{-1}$ ) e por metro de largura de corte e recolhimento ( $kW.m^{-1}$ ). Nas colhedoras de forragem autopropelidas se

organizou os dados em massa da máquina (kg), potência máxima no motor (kW), número de linhas e a largura total de corte e recolhimento (m) e calculou-se a relação massa da máquina e potência máxima no motor ( $\text{kg.kW}^{-1}$ ), a potência máxima no motor por linha ( $\text{kW.linha}^{-1}$ ) e por metro de largura de corte e recolhimento ( $\text{kW.m}^{-1}$ ).

Os dados foram tabulados em planilha eletrônica onde foram posteriormente feitas as análises estatísticas descritivas sendo calculados mínimos, médios e máximos, amplitude, número de valores, número de classes, desvio padrão, coeficiente de variação e amplitude de classes. Após se procedeu a obtenção das frequências absolutas e relativas e a construção dos histogramas.

### 3 Resultados e discussões

#### 3.1 Desintegradoras

Para este tipo de máquina encontrou-se 7 marcas e 73 modelos e os dados obtidos indicam que se pode produzir entre 450 e 7.000 $\text{kg.h}^{-1}$  de produtos verdes, com potência de acionamento de 1,1 e 18,4kW, corte de 2 a 4 facas e de 2 a 28 marteletes. O número de modelos em função da quantidade de produtos verdes mostrou que 86,3% destas máquinas foram projetadas para quantidades inferiores a 4.544 $\text{kg.h}^{-1}$  (Figura 1).

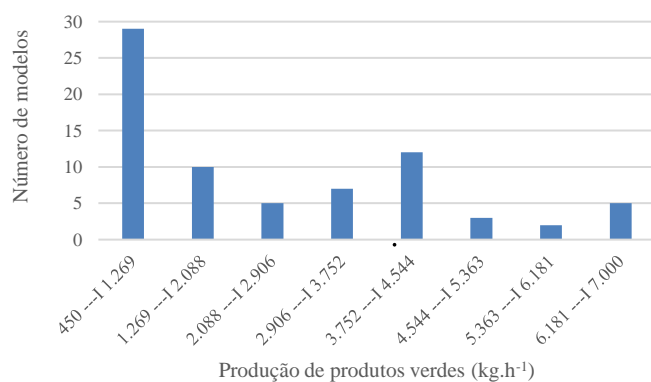


Figura 1 - Número de desintegradoras em função da produção de produtos verdes.

Em todas as máquinas a potência de acionamento é realizada por motor elétrico inferior a 7,6kW em 83,6% dos modelos pesquisados (Figura 2).

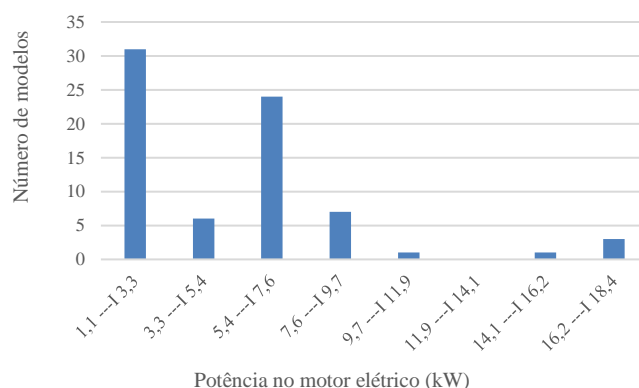


Figura 2 - Número de desintegradoras em função da potência no motor elétrico.

As desintegradoras são indicadas para as pequenas propriedades as quais não possuem um trator como fonte de potência, sendo desta forma máquinas simples e que exigem muita mão de obra no manuseio do material a ser desintegrado. São, portanto, equipamentos de baixa capacidade de produção e potência de acionamento.

#### 3.2 Ensiladoras

Para este tipo de máquina encontrou-se 9 marcas e 52 modelos e de acordo com os dados obtidos podem produzir entre 1.000 e 30.000 $\text{kg.h}^{-1}$  de produtos verdes, com potência de acionamento de 1,8 e 25,7kW, com o corte sendo realizado por 2 a 4 facas. O número de modelos em função da quantidade de produtos verdes mostrou que 76,9% destas máquinas foram projetadas para quantidades inferiores a 13.429 $\text{kg.h}^{-1}$  (Figura 3).

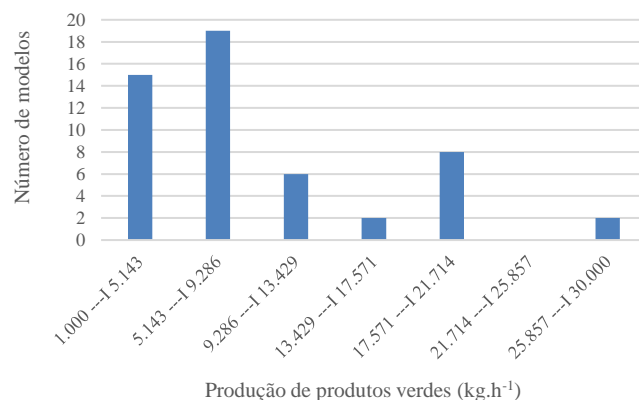


Figura 3 - Número de ensiladoras em função da produção de produtos verdes.

Como outros tipos, marcas e modelos de máquinas agrícolas, os dados necessários nem sempre estão apresentados e inexistente uma padronização ([7], [8], [10], [11]). No caso das ensiladoras que são principalmente usadas com produtos verdes a potência mínima de acionamento por motor elétrico, somente 40 apresentaram e é inferior a 8,1kW em 82,5% dos modelos (Figura 4).

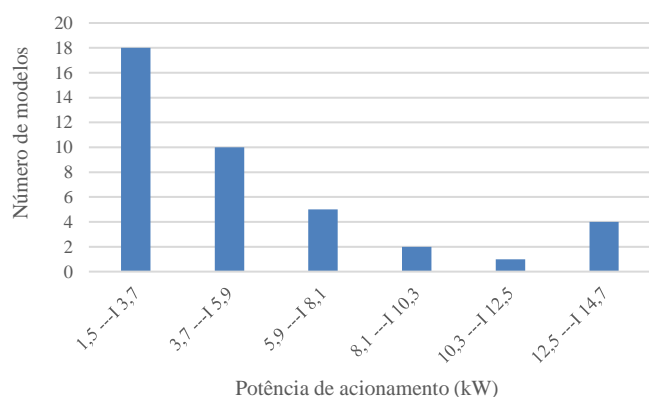


Figura 4 - Número de ensiladoras em função da potência no motor elétrico.

As ensiladoras são equipamentos desenvolvidos para pequenas propriedades e podem ser adquiridas para serem acionadas principalmente por motores elétricos ou opcionalmente pela TDP do trator, sendo assim projetadas para maiores capacidades de produção. Alguns modelos reduzem a quantidade de mão de obra envolvida no manuseio do material por possuírem chassi e rodas ou ainda uma carreta no próprio chassi da ensiladora.

### 3.3 Colhedoras de forragem tratorizadas

As colhedoras de forragem tratorizadas são os equipamentos indicados quando se necessita o corte, recolhimento, trituração e carregamento da carreta agrícola, vagão forrageiro ou caminhão automaticamente. Utilizadas em médias propriedades e quando se tem disponível um trator como fonte de potência, encontrou-se nesta pesquisa 9 marcas e 61 modelos e de acordo com os dados, podem produzir entre 20.000 e 90.000kg.h<sup>-1</sup> de produtos verdes, com potência de acionamento de 22,1 a 147,0kW. O número de modelos mostrou que 91,8% destas máquinas foram projetadas para quantidades inferiores a 50.000kg.h<sup>-1</sup> (Figura 5). Resultados semelhantes foram encontrados por [7] que encontraram no mercado brasileiro cerca

90,0% dos modelos das colhedoras de forragem entre 15.000 e 60.000kg.h<sup>-1</sup>.

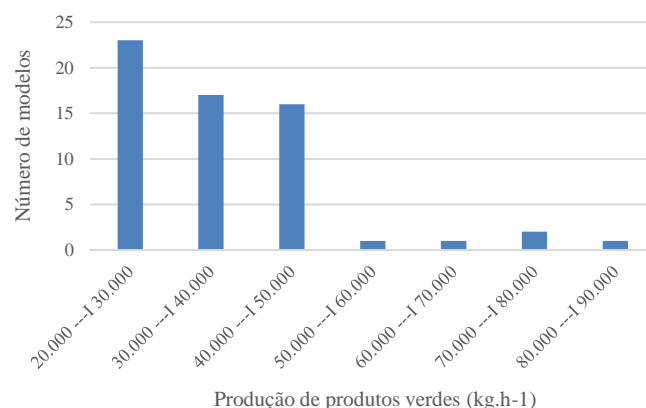


Figura 5 - Número de colhedoras de forragem tratorizadas em função da produção de produtos verdes.

A potência de acionamento realizada através da TDP é inferior 75,6kW em 91,8% dos modelos pesquisados (Figura 6).

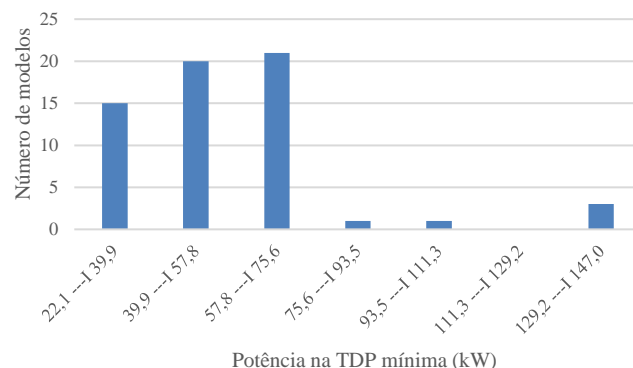


Figura 6 - Número de colhedoras de forragem tratorizadas em função da potência requerida na TDP.

Os resultados de Silveira et al, [7] em relação a potência mínima requerida na TDP indicaram aproximadamente 80,0% dos modelos entre 28,0 e 56,0kW e a potência mínima requerida na TDP entre 25,7 e 147,1kW. A relação potência por linha e por metro de largura média foi de 50,4kW.linha<sup>-1</sup> e 54,8kW.m<sup>-1</sup> respectivamente.

### 3.4 Colhedoras de forragem autopropelidas



As colhedoras de forragem autopropelidas são máquinas indicadas quando se necessita o corte, recolhimento, trituração e carregamento da carreta agrícola ou vagão forrageiro automaticamente e utilizadas em grandes propriedades ou quando se necessita altas capacidades de produção de silagem. Por ser autopropelida não é necessário um trator para acionamento dos mecanismos de corte, recolhimento, picagem e transporte do material para a carreta ou vagão forrageiro. No mercado brasileiro existem 5 marcas que disponibilizam 15 modelos, que exigem potências no motor entre 191,1 e 816,0kW, maiores daquelas apresentadas por [6] entre 200,0 e 225,0kW. Estas máquinas podem ter plataformas entre 4 e 16 linhas ou de largura total variando entre 3,0 e 12,0m e massa total que varia de 10.800 a 20.000kg. Assim estas máquinas ofertadas no mercado brasileiro apresentam uma relação peso/potência entre 18,1 e 65,3kg.kW<sup>-1</sup> (Figura 7) e média de 36,1kg.kW<sup>-1</sup>.

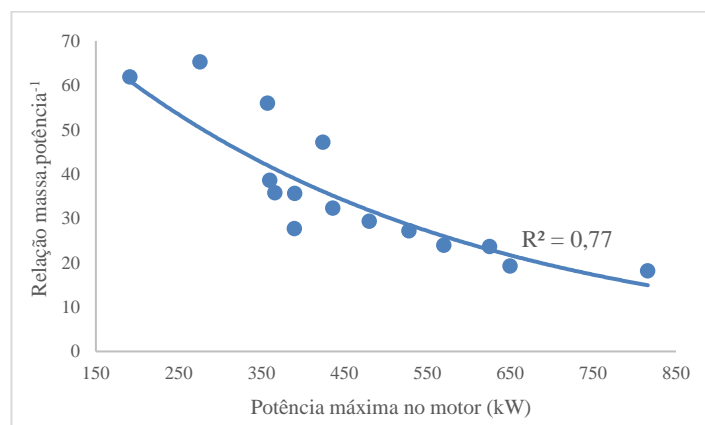


Figura 7 - Relação massa/potência em função da potência máxima no motor das colhedoras autopropelidas para silagem.

Analisando 35 modelos de colhedoras de forragem autopropelidas (YEZEKYAN [4]) encontrou relação peso/potência de 38,5kg.kW<sup>-1</sup> com a amplitude variando entre 18,7 e 38,6kg.kW<sup>-1</sup>. De forma semelhante ao que se encontrou para tratores, conforme (ESTRADA [12]) existe a tendência da redução da relação massa/potência com o aumento da potência máxima do motor onde para os tratores da classe III, maiores que 150,0kW a média de massa foi de 13.207,7kg e relação massa/potência de 50,3kg.kW<sup>-1</sup>. As colhedoras de forragem autopropelidas em geral apresentam a relação peso/potência inferior ao dos tratores em virtude das maiores potências máximas no motor para os modelos pesquisados. As relações de potência

máxima no motor por linha e por largura de corte e recolhimento da plataforma apresentaram os valores médios de 42,2kW.linha<sup>-1</sup> e 56,2kW.m<sup>-1</sup> respectivamente.

Desta maneira, no Brasil o mercado de máquinas para a produção da silagem apresenta 19 marcas que disponibilizam 201 modelos sendo que 36,3% são desintegradoras, 25,9% ensiladoras, 30,3% colhedoras de forragem tratorizadas e 7,5% autopropelidas. Embora cada tipo de equipamento apresente uma grande amplitude de capacidade de trabalho e potência de acionamento ocorre uma predominância nos modelos ofertados. Para as desintegradoras distinguem-se as máquinas para produzir até 4.544kg.h<sup>-1</sup> e potência inferior a 7,6kW, nas ensiladoras a capacidade de produção é geralmente até 13.429kg.h<sup>-1</sup> e potência menor do que 8,1kW, as colhedoras de forragem tratorizadas predominam as com capacidade de produção entre 20.000 e 50.000kg.h<sup>-1</sup> e potência de acionamento na TDP inferior a 75,6kW. Nas autopropelidas pelos poucos modelos existentes no Brasil a faixa de potência de 191,1 a 816,0kW é semelhante as máquinas de fabricantes mundiais e suprem as maiores capacidades de produção exigidas.

#### 4 Conclusões

De acordo com as condições utilizadas neste trabalho conclui-se que:

O mercado brasileiro de máquinas oferece uma ampla quantidade de modelos para a obtenção da silagem desde os pequenos aos grandes produtores.

De forma semelhante as demais máquinas agrícolas, devido a inexistência dos ensaios oficiais no Brasil, a disponibilidade dos dados pelos fabricantes não é padronizada e a dependência destas informações, não permite, em relação a algumas características técnicas, a comparação entre modelos.

A maioria dos modelos das desintegradoras produzem até 4.544kg.h<sup>-1</sup> e potência inferior a 7,6kW; nas ensiladoras a capacidade de produção é de até 13.429kg.h<sup>-1</sup> e potência menor do que 8,1kW; as colhedoras de forragem tratorizadas tem capacidade de produção menor do que 50.000kg.h<sup>-1</sup> e potência de acionamento na TDP inferior a 75,6kW.

Existem poucas marcas e modelos de colhedoras autopropelidas, porém semelhante as máquinas de fabricantes mundiais projetadas para as maiores capacidades de produção.

### SILAGE PRODUCTION MACHINES: STATE OF THE ART OF MANUFACTURERS EQUIPMENT AVAILABLE IN BRAZIL

**ABSTRACT:** Silage is a forage conservation process where the food is obtained from the green plant, where the vegetables must be cut and/or fragmented, with stationary, tracted or self-propelled machines, being then stored in silos or used in direct feeding of the animals. Mechanization planning in a production system takes into account qualitative and quantitative aspects so that the selection of components meets the need, although they are often overestimated, seeking greater efficiency and productivity, but with economic, agronomic and environmental consequences. This work aimed to collect data on technical parameters made available by the manufacturers of stationary machines, tractors and self-propelled forage harvesters and to present a state of the art existing in the Brazilian market. In this way, a database with technical information about the machines was created by searching the electronic pages of the manufacturers and calculating their relationships. Subsequently, descriptive statistical analyzes were performed and minimum, average and maximum, amplitude, number of values, classes number, standard deviation, coefficient of variation and amplitude of classes were calculated, in addition to absolute and relative frequencies and the construction of histograms. The results indicated that in Brazil the market for machines for the production of silage has 19 brands and 201 models, 36.3% being disintegrators, 25.9% stationary forage harvesters, 30.3% tracted forage harvesters and 7.5% self-propelled. Although each type of equipment has a wide range of work capacity and drive power, there is a predominance in the models offered.

**Keywords:** Stationary machines, forage harvesters, double chop forage harvester, forage harvester self-propelled.

### Referências

- [1] FERREIRA, M.F.; ALONÇO, A. dos S.; MACHADO, A.L.T. Máquinas para silagem. Mauro Fernando Ferreira: Pelotas. 115p. 2020.
- [2] RABELO, C.G.; SOUZA, L.H. de; OLIVEIRA, F.G. Análise dos custos de produção de silagem do milho: estudo de caso. Cad. Ciênc. Agra., v.9, n.2, p.08-15. 2017.
- [3] BOCHTIS, D.D.; SORENSEN, C.G.C.; BUSATO, P. Advances in agricultural machinery management: a review. Biosystems Engineering 126. P. 69-81. 2014.

[4] YEZEKYAN, T.; MARINELLO, F.; ARMENTANO, G.; TRESTINI, S.; SARTORI, L. Modelling of harvesting machine's Technical parameters and prices. Agriculture 2020, 10, 194. 12p. 2020.

[5] MANTOVANI, E.C. Otimização do sistema de produção de silagem com a técnica de movimento e tempo. EMBRAPA: Circular técnica n.º 263. Sete Lagoas, MG. 15p. 2020.

[6] WEINBERG, Z.G & ASHBELL, G. engineering aspects of ensiling. Biochemical Engineering Journal. 13, p.181-188. 2003.

[7] SILVEIRA, D.D. da; SIGALES, M.S.; CENTURION, R.J.B.; REIS, Â.V. dos; FERREIRA, M.F. Computational tool for selection and ranking of pull-type forage harvesters. Revista Engenharia na Agricultura. V.29, p. 129-137, 2021.

[8] LOPES, T.G.; ALONÇO, A. dos S.; POSSEBON, G.; MENDONÇA, M.T.; BOCK, R.; RODRIGUES, H.E.; da CRUZ, W.A.S. "Esta da arte" sobre o cultivo das oliveiras: uma abordagem sobre colheita. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.6, o4, p.18775-16791, apr 2020.

[9] REIS, Â.V. dos; FERREIRA, M.F.; MEDEIROS, F.A.; BERTOLDI, T. Compactos e versáteis. Revista Cultivar Máquinas, ano 19, n.º 220, outubro 2021, p.40-43.

[10] MIALHE, L.G. Máquinas agrícolas: ensaio e certificação. Piracicaba: FEALQ. 722p. 1996.

[11] VEIT, A. A.; ALONÇO, A. dos S.; FRANCETTO, T.R.; BECKER, R.S.; BELLÉ, M.P. Capacidade do sistema de levante hidráulico dos tratores agrícolas de pneus no Brasil. Revista Tecno-Lógica, Santa Cruz do Sul, v.20, n.1, p. 55-61 jan/jun. 2016.

[12] ESTRADA, J.S.; SCHLOSSER, J.F.; FARIAS, M.S. de; MARTINI, A.T.; SANTOS, G. O. dos. Mass of agricultural tractors available in the Brazilian market. Ciência Rural, Santa Maria, v.46, n.8, p.1390-1394. Ago. 2016.