
Dimensionamento de Silos: possibilidade de integração no curso técnico em agropecuária integrado ao ensino médio

Silos Dimensioning: possibility of integration in technical education in agriculture integrated with high school

Carla Morschbacher^{1*}, Amanda Moser Coelho da Fonseca Faro¹, Luís Ivan Martinhão Souto¹

RESUMO

Este artigo foi escrito a partir da realização de atividades integradas entre as disciplinas de Matemática e Zootecnia, em turmas do terceiro ano do Ensino Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal Catarinense – *Campus Camboriú* nos anos de 2020 e 2021. De um lado conceitos de geometria espacial e, de outro, de dimensionamento de silos, que servem para o armazenamento de silagem em propriedades rurais. O técnico em agropecuária deve estar apto a orientar o agricultor em relação ao dimensionamento de um silo, para que não falte alimento para os animais, não haja desperdício e para que se mantenha a qualidade da forragem armazenada. Em geral, nas aulas de matemática, calcula-se o volume de sólidos a partir de dimensões conhecidas, no entanto, o dimensionamento de um silo foge dos problemas tradicionais, pois a partir do volume necessário de silagem calculam-se as suas dimensões. Este trabalho relata uma possibilidade de integração, em que se aproveita os conhecimentos mais específicos de cada disciplina para realizar o maior aproveitamento dos conceitos teóricos e facilitar o entendimento do conteúdo pela apresentação de uma situação prática.

Palavras-chave: Integração; Geometria espacial; Silos; Modelagem matemática.

ABSTRACT

This article was written from the performance of integrated activities between the disciplines of Mathematics and Animal Science, in classes of the third year of Technical Education in Agriculture Integrated to High School at Instituto Federal Catarinense – *Campus Camboriú* in the years 2020 and 2021. From a Concepts of spatial geometry and, on the other hand, dimensioning of silos, which serve for the storage of silage in rural properties. The technician must be able to guide the farmer in a silo, so that there is no waste of food for the animals, there is no waste and so that the quality of preservation for cultivation is maintained. In general, in mathematics classes, the volume of solids is calculated from known dimensions, however, the design of a silo is beyond traditional problems, since its dimensions are calculated from the necessary volume of silage. This work reports a possibility of integration, in which the more specific knowledge of each discipline is used to make better use of theoretical concepts and facilitate the understanding of the content by presenting a practical situation.

Keywords: Integration; Spatial geometry; Silos; Mathematical modeling.

¹ Instituto Federal Catarinense - *Campus Camboriú*

*E-mail: carla.morschbacher@ifc.edu.br

INTRODUÇÃO

Os 193 Estados membros da Organização das Nações Unidas (ONU), entre eles o Brasil, assumiram o compromisso de adotar a chamada agenda 2015, uma das mais ambiciosas da história da diplomacia internacional, em que houve o compromisso de trabalhar para cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os ODS estão divididos em 17 objetivos e 169 metas; o ODS 4 Educação de qualidade, visa garantir o acesso à educação inclusiva, de qualidade e equitativa, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos. A meta 4.4 visa até 2030 “aumentar substancialmente o número de jovens e adultos que tenham habilidades relevantes, inclusive competências técnicas e profissionais, para emprego, trabalho decente e empreendedorismo” (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2022; UNICEF, “s.d.”).

A própria Constituição da República Federativa do Brasil (CRFB/88) determina em seu art. 214, caput, que a lei estabelecerá o plano nacional de educação, com definição de diretrizes, objetivos, metas e estratégias, sendo que em seu inciso III, indica a necessidade de melhoria da qualidade de ensino, e em seu inciso IV, a condução da formação para o trabalho (BRASIL, 1988). A Lei no 9.394/96, Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), indica em seu art. 1º, § 2º, a necessidade da educação estar vinculada ao mundo do trabalho e à prática social. Em seu art. 2º, indica a imposição da vinculação da educação ao preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. Já o art. 3º, inciso IX, estabelece como princípio a garantia do padrão de qualidade. A educação profissional técnica de nível médio está contemplada entre os arts. 36-A a 36-D (BRASIL, 1996). O Plano Nacional de Educação (PNE), de 2014 a 2024, indica em sua Meta 11, triplicar as matrículas da educação profissional técnica de nível médio, e em sua estratégia 8.4, a expansão da oferta gratuita de educação profissional técnica (MEC/SASE, 2014).

A LDB, em seu art. 36, inciso V, descreve a possibilidade de formação técnica profissional no ensino médio. No art. 36-B, inciso I, estabelece como uma das modalidades da educação profissional técnica de nível médio, a forma articulada, sendo a forma integrada uma das possibilidades deste tipo oferta, conforme descrito no art. 36-C, inciso I (BRASIL, 1996). A Lei n. 11.892/2008 (BRASIL, 2008), estabelece como finalidades, características e objetivos dos Institutos Federais:

Art. 6º Os Institutos Federais têm por finalidades e características:

I - **ofertar educação profissional** e tecnológica, em todos os seus níveis e modalidades, formando e **qualificando cidadãos com vistas na atuação profissional** nos diversos setores da economia, com ênfase no desenvolvimento socioeconômico local, regional e nacional;

II - **desenvolver a educação profissional** e tecnológica **como processo educativo e investigativo** de geração e adaptação de soluções técnicas e tecnológicas às demandas sociais e peculiaridades regionais;

III - **promover a integração** e a verticalização **da educação básica à educação profissional** e educação superior, otimizando a infra-estrutura física, os quadros de pessoal e os recursos de gestão;

[...]

V - constituir-se em centro de excelência na oferta do ensino de ciências, em geral, e de ciências aplicadas, em particular, **estimulando o desenvolvimento de espírito crítico**, voltado à investigação empírica;

[...]

Art. 7º Observadas as finalidades e características definidas no art. 6º desta Lei, são objetivos dos Institutos Federais:

I - **ministrar educação profissional técnica de nível médio, prioritariamente** na forma de cursos **integrados**, para os concluintes do ensino fundamental e para o público da educação de jovens e adultos;

Art. 8º No desenvolvimento da sua ação acadêmica, o Instituto Federal, em cada exercício, deverá garantir o **mínimo de 50%** (cinquenta por cento) de suas vagas para atender aos objetivos definidos no **inciso I do caput do art. 7º** desta Lei, e o mínimo de 20% (vinte por cento) de suas vagas para atender ao previsto na alínea *b* do inciso VI do caput do citado art. 7º.

(Grifos não constam no texto original).

A ensilagem é um processo antigo para o armazenamento de forrageiras que podem ser utilizadas na alimentação animal. O processo garante que haja poucas perdas de características nutricionais, é realizado picando-se as plantas, realizando-se a compactação da massa para a retirada do oxigênio, evitando-se a deterioração por micro-organismos aeróbios, seguindo-se de um processo de fermentação anaeróbia dos açúcares da planta, com acidificação (redução do pH) da massa ensilada. A utilização de partículas menores garante maior compactação e menor quantidade de oxigênio na silagem (CARDOSO e SILVA, 1995; NEUMANN et al., 2007; SENAR, 2011). Neumann et al. (2007) observaram que quando se pratica a ensilagem de plantas de milho com partículas de menor tamanho, se tem um processo de melhor qualidade, havendo maior compactação da massa ensilada, diminuição de gradientes de temperatura e o pH no momento da abertura do silo.

Silos são construções com a finalidade de armazenar e conservar grãos secos, sementes, cereais e forragens verdes. A escolha para o tipo de construção empregado se dá em função da importância da propriedade e da facilidade ou dificuldade para a obtenção de materiais específicos necessários para se concretizar a estrutura. Os silos mais frequentemente utilizados para forrageiras são os horizontais, do tipo de superfície ou de trincheira, sendo este último, subterrâneo construído na forma trapezoidal. Os silos subterrâneos são estruturas simples e econômicas, que quando bem revestidas e impermeabilizadas, duram bastante tempo. É mais cômodo a realização da carga do que da descarga. Quase sempre se observam perdas em função de infiltração de umidade, quando não tem boa impermeabilização (CARDOSO e SILVA, 1995; CARNEIRO, 1948).

Apesar de haver diferentes tipos de silos, cada um com suas vantagens e desvantagens, os mais utilizados são o de superfície e o de trincheira, conforme apresentado nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Fotografia de silo de superfície no Instituto de Zootecnia em Nova Odessa – SP



Fonte: Beefpoint (2022)

Figura 2 – Fotografia de silo de trincheira com construção em alvenaria



Fonte: Santos (2021)

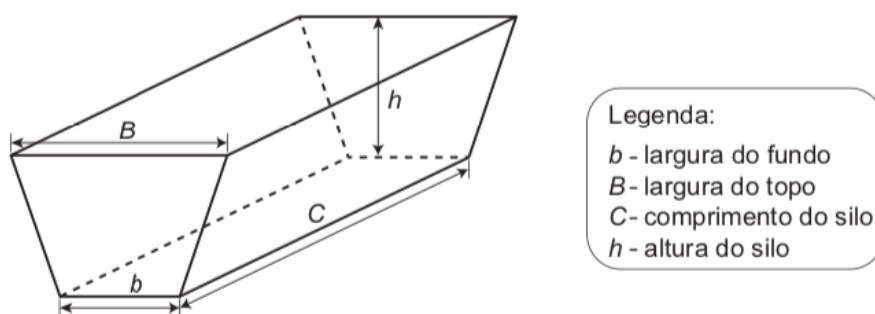
O silo de superfície necessita ser coberto por uma lona e, deste modo, suas dimensões geralmente costumam ser calculadas a partir do tamanho da lona que o agricultor possui. O silo de trincheira exige uma escavação do terreno e uma possível construção de alvenaria e por isso tem um custo maior, porém, promove um silo de melhor qualidade, pois possibilita uma maior compactação da silagem.

O silo de trincheira requer a realização de um dimensionamento de modo a atender as demandas da propriedade. Um dimensionamento mal realizado pode acarretar em falta

de alimento para os animais, falta de qualidade, e ou desperdício de volume. O silo de trincheira é o tipo de silo que é o foco deste texto e observa-se que também foi tema de uma questão de matemática no ENEM 2014.

"A modelagem matemática consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real." (BASSANEZI, 2002). Nesse sentido, o silo de trincheira pode ser modelado por um prisma reto trapezoidal, como representado na Figura 3. Para definir suas dimensões, é necessário calcular o seu comprimento (C), a sua profundidade (h), a largura do topo (B) e a largura do fundo (b).

Figura 3 – Modelo matemático de um silo de trincheira



Fonte: ENEM 2014

O presente trabalho relata uma das atividades integradas realizadas no Instituto Federal Catarinense - *Campus* Camboriú, no Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio, entre as disciplinas de Matemática e de Zootecnia, no terceiro ano. O foco desta atividade foi trabalhar conceitos de geometria espacial e de construção e dimensionamento de silo de trincheira para o armazenamento de silagem forrageira para sistemas de criação de bovinos. Foi utilizado o sólido prisma reto trapezoidal como um modelo matemático para um silo de trincheira e para a realização do cálculo do dimensionamento da estrutura para o armazenamento da silagem.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para realizar o cálculo do dimensionamento de um silo é necessário inicialmente obter as seguintes informações: Qual é a quantidade total de silagem a ser armazenada? Que volume tal quantidade representa? Qual deve ser o tempo de duração do silo? Qual

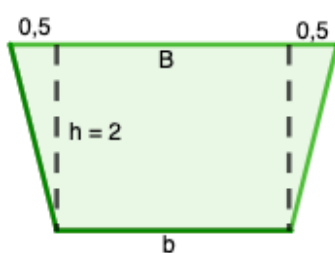
a densidade da silagem? Existe alguma espessura mínima a ser retirada diariamente? Como definir a profundidade do silo?

Todas as questões acima foram abordadas nas aulas de Zootecnia e Matemática, enquanto na disciplina de Matemática tratou-se especificamente dos sólidos geométricos, em especial a teoria relacionada ao cálculo de volumes. As aulas destinadas ao dimensionamento dos silos foram integradas entre os dois componentes curriculares. A seguir expôs-se um pouco da teoria necessária para a realização do cálculo proposto.

A quantidade total de silagem a ser armazenada é calculada a partir das necessidades da propriedade, multiplicando-se o número de animais pela quantidade de silagem consumida diariamente por cada animal e pelo número de dias que o silo deve durar. A este valor costuma-se acrescentar 15% para compensar possíveis perdas durante o processo. O cálculo do volume (em m^3) ocupado pela quantidade de material é realizado utilizando-se a densidade específica do tipo de silagem a ser armazenada por meio de uma regra de três simples.

De acordo com Cardoso e Silva (1995), a profundidade (h) do silo depende das condições do solo onde ele será construído, e deve ser de no mínimo 1,5m até 3m. A inclinação das paredes laterais deve ser de no mínimo 25%, isto é, para cada metro de altura do silo, a largura do topo deve ter meio metro a mais do que a largura do fundo. Assim, temos uma relação entre as incógnitas B , b e h , a saber, $B = b + 0,5 h$.

Figura 4 – Ilustração da vista frontal de um silo com paredes laterais com 25% de inclinação

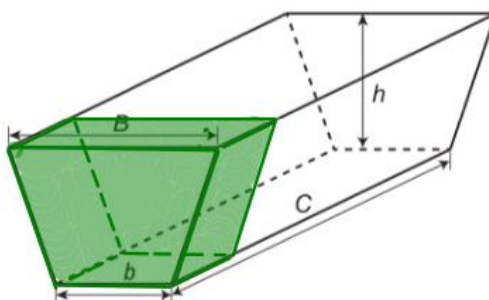


Fonte: Autores

Após a abertura do silo, é necessário retirar diariamente uma camada uniforme com espessura mínima de $15cm = 0,15m$, isso porque a silagem se degrada após exposição ao ar (Figura 4). Essa informação é bastante pertinente, pois define o comprimento mínimo do silo. Por exemplo, se é necessário que o silo dure 180 dias, então o comprimento do silo deve ser de, no mínimo, $180 \times 0,15 = 27m$ (SENAR, 2011). O

dimensionamento adequado do silo permite que o total de silagem consumida diariamente seja equivalente a uma camada uniforme de pelo menos 15cm de espessura.

Figura 4 – Ilustração da camada mínima a ser retirada diariamente.



Fonte: Enem 2014 (adaptado).

O volume de um prisma reto trapezoidal, nas aulas de matemática, é calculado por meio do produto da área da base A (trapézio de bases b e B) pela sua altura, sendo que a altura de um prisma é definida como a distância entre as suas bases paralelas (DOLCE e POMPEO, 2005). Observando a Figura 04, constata-se que a distância entre as bases no silo é dada pelo seu comprimento C , ou seja, a altura do prisma é traduzida nesse modelo como o comprimento C do silo. Portanto, o volume do silo é calculado pela fórmula $V = A \times C$.

Diante do exposto, dividindo-se o volume total da silagem (em m^3) pelo comprimento do silo, obtém-se a área da vista frontal do silo (área da base do prisma trapezoidal), $A = \frac{V}{C}$.

Como a área do trapézio é dada por $A = \frac{(B+b)h}{2}$ e $B = b + 0,5h$, segue que

$$A = \frac{(2b+0,5h)h}{2},$$

de onde é possível calcular b e por conseguinte a medida de B , obtendo todas as medidas do silo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Abaixo é exposto uma situação problema hipotética análoga às trabalhadas nas aulas de Matemática e Zootecnia.

Situação problema hipotética: Um produtor de leite, que possui 30 vacas, solicitou a um técnico em agropecuário auxílio para dimensionar um silo de trincheira no formato trapezoidal que atenda as demandas de sua propriedade. Ele necessita de um silo de milho para alimentar os animais por um período de 180 dias. Sabendo-se que cada animal consome $20kg$ de silagem por dia, que a densidade da silagem é $500kg/m^3$ e que o terreno permite uma escavação de $2m$ de profundidade, calcule as dimensões adequadas de um silo de trincheira para esta propriedade.

Resolução: Para atender a demanda da propriedade são necessários no mínimo

$$30 \times 20 \times 180 = 108.000kg$$

de silagem, pois são 30 animais consumindo $20kg$, durante 180 dias. Ainda, acrescentando-se 15% para compensar possíveis perdas, obtém-se um total de

$$108.000 \times 1,15 = 124.200kg \text{ de silagem.}$$

Como a densidade da silagem de milho é $500kg/m^3$, por meio de uma regra de três simples conclui-se que o volume ocupado por $124.200kg$ de silagem é $284,4 m^3$.

Após a abertura do silo, deve ser retirado diariamente uma fatia uniforme mínima de $15cm = 0,15m$. Assim, levando em consideração o período de duração de 180 dias obtém-se o comprimento mínimo do silo,

$$C = 0,15 \times 180 = 27m.$$

O volume do silo é dado por $V = A \times C$, em que A é a área da vista frontal do silo (Trapézio). Assim,

$$A = \frac{V}{C} = \frac{284,4}{27} \approx 10,5m^2,$$

ou seja, o trapézio que representa a vista frontal do silo possui área de $10,5m^2$.

A profundidade do silo será $h = 2m$, e para cada metro de altura do silo, a largura do topo, B , deve ter meio metro a mais do que a largura do fundo, b , tem se

$$B = b + 0,5 \times 2 = b + 1,$$

ou seja, $B = b + 1$. Substituindo $B = b + 1$ e $h = 2$ na fórmula da área do trapézio

$A = \frac{(B+b)h}{2}$, obtém-se $A = 2b + 1$. Isolando b e utilizando $A = 10,5m^2$ segue que

$$b = \frac{A-1}{2} = \frac{10,5-1}{2} \cong 4,8m.$$

Além disso,

$$B = b + 1 = 4,8 + 1 = 5,8m,$$

concluindo estimativas para todas as dimensões do silo desejado,

$$C = 27m, h = 2, B = 5,8m \text{ e } b = 4,8m.$$

A realização do trabalho integrado, objeto do estudo desta temática, demonstrou que diversas vezes se trabalha com os mesmos conceitos em componentes curriculares diferentes, mas com nomenclaturas e focos diferentes. Ao modelar o silo como um prisma trapezoidal reto, denomina-se o comprimento do silo em Matemática como altura do prisma (distância entre as bases), por outro lado, a altura de um silo costuma ser um sinônimo para a sua profundidade nas abordagens de disciplina de Zootecnia. Tais diferenças de notações são facilmente identificadas durante o planejamento e/ou aplicação de atividades integradas. Mais do que uma simples sobreposição de conteúdos, a integração de atividades de conteúdos técnicos pode apresentar uma grande oportunidade de padronização de nomenclaturas, ou mesmo, a correção de termos utilizados de maneira corriqueira por áreas menos especializadas no assunto específico de cada componente curricular.

REFERÊNCIAS

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-Aprendizagem com Modelagem Matemática**. São Paulo: Contexto, 2002.

BEEFPOINT. **Estruturas para armazenamento de silagens**: Parte 1/2. Equipe BeefPoint. 2022. Disponível em: <<https://www.beefpoint.com.br/estruturas-para-armazenamento-de-silagens-parte-12-6515/>> Acesso em: 10 set. 2022.

BRASIL. Constituição Federal da República Federativa do Brasil de 1988, de 5 de outubro de 1988. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, p. 1, col. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 07 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 23 de dezembro de 1996, p. 27833, col. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm> Acesso em: 08 set. 2022.

BRASIL. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 30 de dezembro de 2008, Seção 1, p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11892.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%2011.892%2C%20DE%209%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202008.&text=Institui%20a%20Rede%20Federal%20de,Tecnologia%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%A2ncias.> Acesso em: 10 set. 2022.

CARDOSO, E. G.; SILVA, J. M. **Silos, silagem e ensilagem**. Campo Grande: Embrapa/CNPQC Divulga, n. 2, 1995. 6p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139015/1/cnpqc-divulga-02.pdf>> Acesso em: 09 set. 2022.

CARNEIRO, O. **Silos e sua construção**. Aula inaugural de 1948. Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1948. 40p. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aesalq/a/9QXG7jZFjbSrMD5tXmNsbnJ/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 10 set. 2022.

DOLCE, Oswaldo e POMPEO, Jose Nicolau. **Fundamentos de Matemática Elementar**: Geometria espacial, posição e métrica. Volume 10. 6a ed. São Paulo: Editora Atual, 2005.

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio. **Questão 171**. MT – 2º dia, Caderno 5, Amarelo, p. 29. 2014. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:OE4rP32GUsAJ:https://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/provas/2014/CAD_ENEM_2014_DIA_2_05_AMARELO.pdf&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-b-ab> Acesso em: 10 set. 2022.

MEC/SASE - Ministério da Educação / Secretaria de Articulação com os Sistemas de Ensino. **Planejando a próxima década**: conhecendo as 20 metas do Plano Nacional de Educação. Brasília: MEC, 2014. 62p. Disponível em: <https://pne.mec.gov.br/images/pdf/pne_conhecendo_20_metas.pdf> Acesso em: 10 set. 2022.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Os objetivos de desenvolvimento sustentável no Brasil**. Brasília: Casa ONU Brasil, 2022. Disponível em: <<https://brasil.un.org/>> Acesso em: 09 set. 2022.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; NÖRNBERG, J. L.; OST, P. R.; LUSTOSA, S. B. C. Efeito do tamanho de partícula e da altura de corte de plantas de milho na dinâmica do processo fermentativo da silagem e do período de desensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1603-1613, 2007 (supl.). Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbz/a/GnmTLJdtCqdNGhvgjLByshB/?format=pdf&lang=pt>> Acesso em: 09 set. 2022.

SANTOS, W. **Tipos de silos para silagem**: qual o melhor? Sementes Biomatrix. 2021. Disponível em: <<https://sementesbiomatrix.com.br/blog/silagem/tipos-de-silos-para-silagem/>> Acesso em: 10 set. 2022.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Silagem de milho e sorgo**: produção, ensilagem e utilização. Brasília: SENAR, 2011. 112p. (Coleção SENAR; 154). Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/154-SILAGEM-DE-MILHO-E-SORGO.pdf>> Acesso em: 09 set. 2022

UNICEF – *United Nation International Children’s Emergency Fund*. Objetivos de desenvolvimento sustentável: ainda é possível mudar 2030. Unicef Brasil. “s.d.”. Disponível em: <<https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>> Acesso em: 09 set. 2022.

Recebido em: 21/08/2022

Aprovado em: 23/09/2022

Publicado em: 28/09/2022