



Foto: Osmar Antônio Dalla Costa

COMUNICADO
TÉCNICO

574

Concórdia, SC
Setembro, 2020

Embrapa

Qualidade de piso de concreto para a suinocultura

Jefferson de Santana Jacob
Amadeu Grezzana Mascelani
Filipe Antônio Dalla Costa
Osmar Antônio Dalla Costa

Qualidade de piso de concreto para a suinocultura¹

¹ Jefferson de Santana Jacob, Engenheiro Civil, mestre em Engenharia Civil, analista da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC; Amadeu Grezzana Mascelani, Engenheiro Civil, Concórdia, SC; Filipe Antônio Dalla Costa, Médico Veterinário, doutor em Zootecnia, Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP e Maneja Bem-estar animal, MANEJA, Concórdia, SC. Osmar Antônio Dalla Costa, Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC.

Introdução

O concreto é o material mais utilizado em construções agrícolas (Bertron et al., 2004), e em granjas de suínos, eles são encontrados em pisos compactos e ripados, tanques de armazenamento de dejetos, revestimentos de argamassa e silos. Ele é de fácil aplicação e possui um custo baixo em relação à sua durabilidade. Composto principalmente por cimento Portland, areia, brita e água, pode ainda conter adições como pozolanas, escória de alto forno, fíler e aditivos. E, dependendo de sua aplicação, pode possuir diferentes tipos de composição e traços.

No entanto, é necessário avaliar as condições às quais o concreto é submetido em construções para suínos, pois em determinadas situações ele é exposto a agentes agressivos, fazendo com que o concreto dure muito menos do que em condições de uso normal (Svennerstedt et al., 1999; Song; Saraswathy, 2006; De Belie, 1997).

Agentes agressivos ao concreto em construções para a suinocultura

Dejetos suínos, principalmente a urina e a ração, possuem componentes agressivos ao concreto (ácidos orgânicos, cloretos, sulfatos) os quais solubilizam a pasta de cimento ao longo do tempo, deixando os agregados (brita) expostos e o piso demasiadamente rugoso. Atenção deve ser ainda redobrada em áreas próximas aos comedouros e com grande concentração de animais (Figuras 1A e 1B).

Esses agentes agressivos também favorecem a aceleração do processo de corrosão das ferragens utilizadas nas estruturas de concreto (Ye et al., 2007; Yazici; Inan, 2006), principalmente nos pisos ripados, nos quais, um espaçamento adequado entre a superfície do concreto e as barras de aço da estrutura (armadura), chamado de cobrimento

Foto: Osmar Antônio Dalla Costa



Figura 1. (A) Piso degradado com exposição da brita sob o comedouro. (B) Solubilização da pasta de cimento.

Foto: Cleiton Marcos Schuck



Figura 2. (A) Piso ripado corroído. (B) Exposição de barra de reforço na grade de concreto.

Fotos: Cleiton Marcos Schuck



nominal (c), é muito importante (Figura 2A e 2B).

Componentes químicos presentes nos dejetos suínos

Os dejetos suínos têm uma composição muito heterogênea (Kunz et al., 2009), influenciada por fatores como ingredientes usados na ração, idade dos

animais, raça e manejo desses resíduos (Massana et al., 2013). Os dejetos possuem valores de pH variando de 5,30 (Zhang H. et al., 1994) a 7,72 (Tavares, 2012). Embora seu pH não seja considerado agressivo ao concreto, a presença de ácidos orgânicos juntamente com sais sulfatados é considerada como um dos fatores desagregadores dos componentes do concreto (De Belie et al., 2000).

Os ácidos orgânicos de cadeia curta (por exemplo, ácido acético, propiônico e butírico) são formados naturalmente por ação biológica, caracterizada pela acidogênese da matéria orgânica presente nos dejetos. Bortoli (2014) avaliou a cinética de geração-consumo desses ácidos durante o armazenamento de dejetos de suínos e encontraram picos de concentração na faixa de 2,3 g/L a 2,7 g/L. Grandes quantidades de ácido láctico e ácido acético, bem como os íons agressivos Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} e NH_4^+ foram observados em pisos de granjas de suínos (De Belie et al., 2000).

Reações químicas envolvidas na deterioração do concreto

Os ácidos orgânicos são muito agressivos, pois podem combinar-se com a cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) presente em materiais cimentícios produzindo sais de cálcio muito solúveis (De Belie, 1997). A solubilização de cálcio aumenta a porosidade da pasta, auxiliando na entrada de outros agentes agressivos, como gases de amônia e H_2S vindo dos dejetos, podendo levar a ataque por sulfatos (Svennerstedt et al., 1999). O impacto mecânico do uso de água em

Ácidos (dejetos) + $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (concreto)



sais de cálcio solúveis

alta pressão no processo de limpeza também pode influenciar na degradação do piso (De Belie et al., 2000).

A alta alcalinidade do concreto forma uma película protetora no aço, formada essencialmente por óxido de ferro (Fe_3O_4) ou óxido férrico ($\gamma\text{-Fe}_3\text{O}_2$) (Nagayama; Cohen, 1963 apud Moreno et al., 2004). Os agentes agressivos mencionados tendem a diminuir o pH do concreto de 13 para cerca de 9 (carbonatação), ocasionando a destruição desta película, fenômeno chamado de despassivação da armadura, deixando as barras de aço mais suscetíveis à corrosão. Por sua vez, a corrosão reduz a área da seção resistente das barras de aço. Além disso, os produtos da corrosão, que têm um volume maior do que o próprio aço, induzem a uma pressão interna no concreto, resultando em trincas e eventual quebra dos pisos ripados (Song; Saraswathy, 2006). Na Figura 3 podem ser observadas as etapas desde a entrada dos agentes agressivos até a corrosão da barra de aço.

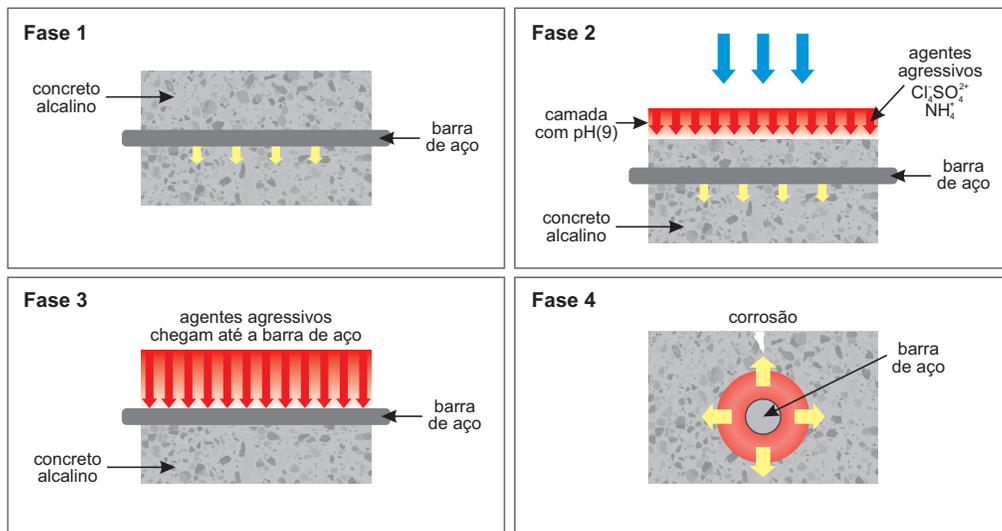


Ilustração: Marina Schmitt

Figura 3. Processo de corrosão do aço no concreto.

Apesar de se saber que a prevalência de lesões nos cascos é multifatorial (genética, ambiente, tipo de alojamento, tipo e layout de piso, nutrição, manejo), trabalhos mostram que a irregularidade do piso, seja por falta de uniformidade das frestas nos pisos ripados de concreto ou rugosidade excessiva pode afetar a saúde dos animais e conseqüentemente a produção (Olsson et al., 2016; Kramer; Alberton, 2014). A falta de padronização dos materiais utilizados tem gerado problemas, causando prejuízos associados à manutenção das instalações e problemas relacionados a lesões nos cascos dos animais. Estudos ainda devem ser conduzidos para definir uma uniformidade no uso dos materiais a serem utilizados para a construção dos pisos das granjas.

Normas pertinentes à qualidade do concreto

As normas brasileiras ABNT-NBR 6118/2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento e NBR 12655/2015 - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento estabelecem parâmetros mínimos para o emprego do concreto, dependendo da concentração de cloretos e sulfatos no ambiente, e o uso de cimento resistente a sulfatos é obrigatório no caso de meios altamente agressivos. Além disso, a NBR 14931/2004 - Execução de estruturas de concreto - Procedimento traz recomendações que podem aumentar a durabilidade das construções em concreto. No entanto, no Brasil, não existem estudos técnicos para uma recomendação do tipo de

cimento ou traços de concreto a serem utilizados em estruturas agrícolas, ou sobre os diferentes problemas decorrentes do uso inadequado do concreto, nas diferentes situações de seu emprego na agropecuária.

Vários países desenvolveram normas ou diretrizes nacionais, estabelecendo parâmetros para estes tipos de estruturas. Concreto executado com cimento resistente a sulfatos e cimento com cinzas volantes são recomendados para estruturas agrícolas na Espanha (Svennerstedt et al., 1999). Esta determinação vai de encontro ao apresentado por Svennerstedt et al. (1999) que citam a Norma Europeia de produtos pré-fabricados de concreto para pisos compactos (EN 13747:2005 +A2:2010) onde a recomendação é a de um fator a/c abaixo de 0,45, consumo de cimento não inferior a 350 kg/m^3 e um cobrimento nominal mínimo de 4 cm. Na Irlanda existe uma normativa definindo a especificação mínima para concretos para uso em estruturas agrícolas e menciona a adição de escórias de alto forno e sílica ativa (Irlanda, 2017).

O objetivo deste trabalho é determinar especificações mínimas para a execução do concreto a ser utilizado em instalações na suinocultura, com a finalidade de melhorar a qualidade do concreto em pisos e demais estruturas, reduzir gastos de manutenção e evitar lesões aos animais.

Recomendações de projeto do concreto para suinocultura

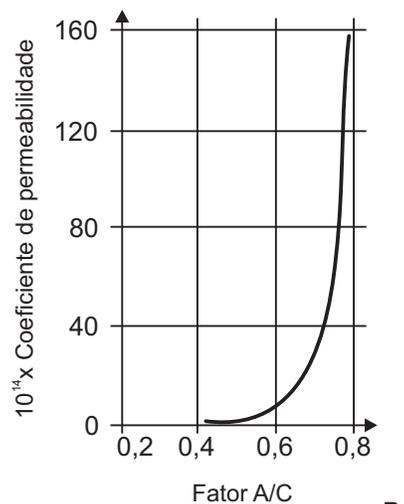
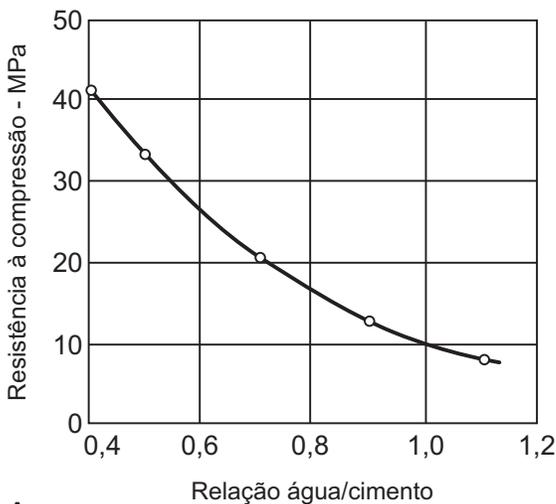
Produzir concreto em obra que atenda as recomendações para ambientes agressivos é uma tarefa difícil, pois exige controle rigoroso da qualidade dos materiais e o seu correto proporcionamento. Assim, adquirir concreto dosado em central se configura a melhor escolha para que o concreto aplicado tenha maior durabilidade.

A partir do conhecimento dos agentes agressivos ao concreto, presentes nas edificações projetadas para a produção de suínos e da observação das Normas NBR 12655 e NBR 6118, adaptaram-se recomendações para a execução de concretos que serão usados nas construções suinícolas. Na Tabela 1 se encontram as especificações técnicas mínimas recomendadas para a execução de concreto para o uso nos projetos de edificações de suínos.

Tais recomendações visam a aumentar a vida útil do concreto em duas frentes: diminuir a permeabilidade/porosidade do concreto utilizado e distanciar as barras de aço dos possíveis agentes agressivos através do cobrimento nominal mínimo. Conforme mostram as Figuras 4A e 4B, quanto menor a relação água/cimento, maior é a resistência à compressão do concreto e menor é a sua permeabilidade, deste modo dificultando a entrada de agentes agressivos.

Tabela 1. Especificações técnicas mínimas para execução de concreto a ser utilizado na suinocultura.

Característica	Especificação
Resistência à compressão mínima (f_{ck})	40 MPa
Máxima relação água/cimento (a/c)	0,45
Consumo mínimo de cimento	360 kg/m ³
Cobrimento nominal mínimo (c)	- Pisos e lajes: 4,5 cm - Vigas e pilares: 5,0 cm
Uso de cimento resistente a sulfatos	- O teor de C ₃ A do clínquer seja igual ou inferior a 8%, e cujo teor de adições carbonáticas seja igual ou inferior a 5% da massa do aglomerante total (CP V-ARI-RS) - O teor de escória granulada de alto-forno (CP III) esteja entre 60% e 70% - O teor de materiais pozzolânicos (CP IV) esteja entre 25% e 40%;



A

B

Figura 4. (A) Relação água/cimento versus resistência à compressão do concreto¹. (B) Influência do fator água/cimento no coeficiente de permeabilidade dos concretos².

1 Fonte: Neville (2016).

2 Fonte: Rostam (1989).

Recomendações para execução do concreto para suinocultura

Lançamento e vibração do concreto

Além da composição do concreto, cuidados na sua execução são de suma importância para sua durabilidade. Em hipótese alguma se deverá adicionar em obra mais água ao concreto do que a prevista na dosagem inicial para diminuir sua consistência. Como mencionado anteriormente, água adicional reduz a resistência e a durabilidade do concreto, aumentando as chances do aparecimento de fissuras.

Ainda no sentido de diminuir a permeabilidade do concreto, deve-se efetuar sua vibração, de modo a eliminar todos os vazios de ar, evitando os ninhos de concretagem (Figura 5), os quais podem, mais uma vez, reduzir a resistência da estrutura. Assim, o uso de vibradores de imersão é aconselhável. Além disso, o uso de espaçadores é imprescindível para garantir o correto posicionamento da armadura (Figura 6).



Fotos: Jefferson de Santana Jacob

**Figura 5.** Ninhos de concretagem.

Foto: Jefferson de Santana Jacob

Figura 6. Uso de espaçadores para correto cobrimento das barras de aço.

Acabamento final de pisos de concreto para suinocultura

Os pisos de concreto para suínos devem ter uma rugosidade que não provoque escorregamentos e ao mesmo tempo não cause lesões e desgastes excessivos no casco dos animais. Não existe ainda uma recomendação técnica segura para o coeficiente de atrito (asperidade) a ser usado em pisos de concreto para suínos. O atrito gerado por uma superfície está ligado a vários fatores. Além da sua aspereza, o peso e a velocidade do caminhar do animal, as condições do piso (molhado, seco ou com camada de dejetos) também podem influenciá-lo. Quanto maior o peso do animal, maior o coeficiente de atrito gerado. Um escorregamento acontece quando o coeficiente de atrito gerado durante o contato com o piso é superior ao seu coeficiente de atrito estático (Thorup et al., 2007). A rugosidade do piso de concreto pode ser determinada de diferentes modos, como por exemplo, arrastar um bloco de gesso sobre a superfície do piso e verificar a sua perda de massa ou mesmo através de equipamentos específicos os quais conseguem variar a velocidade e a força utilizadas nas medições (Pedersen; Ravn, 2008).

Estudos apontam haver relação da rugosidade do piso com o grau de ferimentos e desgastes de cascos nos suínos e, mostram que pisos com acabamento mecânico tendem a gerar menos lesões nos animais em comparação

com apenas o uso de régua metálica (Nilsson, 1988). Richter (2002) indica que coeficientes de atrito menores do que 0,5 (adimensional) seriam muito escorregadios, enquanto coeficientes de atrito superiores a 0,7 seriam muito abrasivos. Ainda Thorup et al. (2007) sugerem um coeficiente de atrito estático mínimo de 0,63 (condição de piso seco) para assegurar um caminhar seguro.

O acabamento final, no caso de pisos compactos, pode ser realizado por meio de ripas de madeira ou ferramenta metálica, sendo o mais indicado o uso da máquina alisadora de concreto (Figura 7). No entanto, o acabamento final não pode ser polido ao ponto de possuir aspecto brilhoso. Deve-se evitar também o excesso de alisamento, para que não se forme uma película de água e cimento na superfície concretada (exsudação), o que pode gerar fissuração.



Foto: Osmar Antônio Dalla Costa

Figura 7. Alisadoras de concreto.

Cura do concreto

É muito importante que antes do concreto entrar em uso ele passe por um período chamado de cura, o qual consiste em evitar a evaporação precoce da água do concreto por certo período. O Ibracon (Battagin et al., 2002) recomenda um

tempo mínimo de cura de acordo com o tipo de cimento e a relação a/c utilizada no concreto, conforme Tabela 2. Concretos com maiores relações água/cimento tendem a necessitar de mais dias de cura, pois ganham resistência mais lentamente.

Tabela 2. Tempo mínimo de cura recomendado pelo IBRACON de acordo com o tipo de cimento e relação a/c do concreto (Battagin et al., 2002).

Tipo de cimento	Relação água/cimento			
	0,35	0,55	0,65	0,70
CP I e II-32	2 dias	3 dias	7 dias	10 dias
CP IV-32	2 dias	3 dias	7 dias	10 dias
CP III-32	2 dias	5 dias	7 dias	10 dias
CP I e II-40	2 dias	3 dias	5 dias	5 dias
CP V-ARI	2 dias	3 dias	5 dias	5 dias

Segundo a NBR 7212/2012-Execução de concreto dosado em central, o concreto deve ser lançado entre temperatura ambiente de 5 °C a 30 °C. Além da temperatura ambiente, altas temperaturas do concreto, baixa umidade do ar e alta velocidade do vento podem exacerbar a taxa de evaporação da água contida no concreto, podendo causar fissuras logo após seu lançamento. Deste modo, no verão, deve-se evitar concretagens próximas ao meio-dia. No inverno, temperaturas muito baixas podem fazer a água contida no concreto congelar, interromper o processo de endurecimento e expandir, causando fissuração. Além disso, devido à baixa umidade do ar e possibilidade de

ventos fortes nesta estação os cuidados com a cura devem permanecer.

O processo de cura deve iniciar logo após o concreto perder seu brilho superficial (entre 30 minutos e duas horas após o lançamento). Os métodos mais comuns são molhar continuamente a superfície concretada por meio de aspersão, manter uma lâmina de água sobre a superfície do concreto, e aplicar materiais que dificultem a evaporação da água na superfície concretada como a manta geotêxtil, lona plástica ou, até mesmo, agentes químicos de cura. Quanto maior o período de cura, maior a durabilidade da estrutura. Um dos principais problemas da falta de cura é a geração de fissuras e trincas, as quais

deixam o concreto suscetível a agentes agressivos, facilitando sua deterioração (Figura 8).



Foto: Jefferson de Santana Jacob

Figura 8. Fissuração em piso de concreto.

Execução de juntas de dilatação

Para evitar o aparecimento de fissuras e trincas nos pisos compactos, também é muito importante prever a execução de juntas de dilatação, seguindo recomendações técnicas de áreas máximas sem juntas, e sua posterior vedação com material elástico, sendo recomendável um selante de poliuretano. No caso de juntas serradas, estas devem ser feitas até 12 h após o lançamento do concreto (Chodounsky, 2007).

Qualidade de pisos ripados de concreto

Os pisos ripados de concreto são amplamente utilizados na suinocultura devido à sua durabilidade e facilidade de limpeza das instalações. Na Figura 9 pode-se observar a utilização de piso ripado em uma instalação de gestação coletiva de matrizes suínas.



Foto: Osmar Antônio Dalla Costa

Figura 9. Piso ripado de concreto em instalação de gestação coletiva de matrizes suínas.

Normas pertinentes e recomendações gerais

Ainda não há norma brasileira específica para este artefato de concreto, sendo a NBR 9062/2017 - Projeto e execução de estruturas pré-moldadas de concreto, a mais relacionada a este tipo de estrutura.

Deste modo, recomenda-se a aquisição de grades de concreto as quais sejam projetadas e fabricadas de acordo

com a EN 12737: 2004+A1:2007, norma europeia de grades de concreto para a pecuária. Para o dimensionamento das grades a serem usadas, a norma utiliza o comprimento das grades e a carga dos animais, classificando as grades por classes de carregamento. A norma traz ainda os vários modelos de grades de concreto e suas especificações técnicas de construção. O comprimento, a altura e a largura das grades, assim como o dimensionamento das barras de aço podem variar em função da resistência do concreto utilizado ($>40\text{MPa}$), da carga atuante dos animais e da distância entre os apoios das grades.

Nos pisos ripados, a exigência de um cobrimento nominal mínimo (c) (Figura 10) é ainda mais importante, de modo a retardar a corrosão do aço. A espessura desse cobrimento poderá variar de acordo com a resistência do concreto que envolve a barra. Quanto maior a resistência à compressão do concreto, menor a sua porosidade e, portanto, menor poderá ser esse cobrimento.

A fabricação deste artefato de concreto exige bom posicionamento das barras de aço, grande compactação/vibração das formas e bom acabamento da superfície. É recomendável ainda a cura em ambiente com umidade e temperatura controladas.

A retirada das rebarbas de concreto, decorrentes da produção, também é muito importante. As rebarbas geralmente possuem pontas afiadas que podem ferir os animais, além de dificultar a passagem de dejetos através das aberturas do piso e dificultar a limpeza.

A proporção entre a largura das ripas e a largura de abertura das grades é fundamental para que, ao mesmo tempo, os suínos não prendam seus cascos nas aberturas, causando lesões e nem haja dificuldade de limpeza do piso. Recomenda-se utilizar a Diretiva 2008/120/CE, da União Europeia, relativa às normas mínimas de proteção de suínos, que estabelece parâmetros de largura mínima de ripa e largura máxima de abertura, dependendo da fase de produção, conforme a Tabela 3.

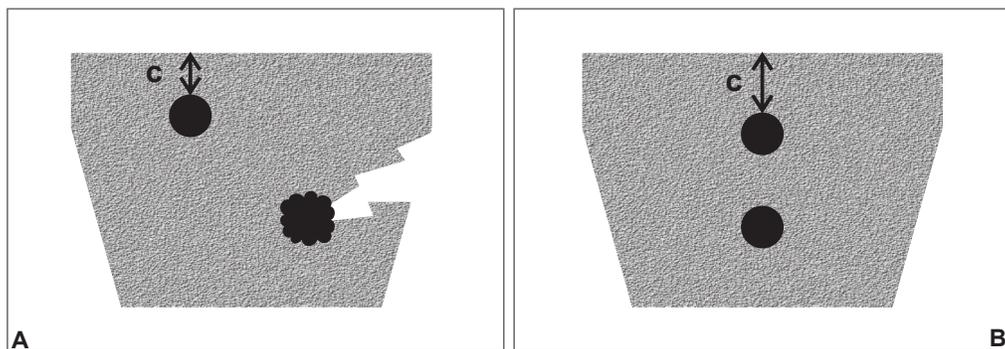


Figura 10. (A) Seção transversal de grade de concreto com barra de aço mal posicionada. (B) Seção transversal de grade de concreto com barra de aço bem posicionada.

Tabela 3. Medidas de piso ripado.

Características construtivas	Leitão	Leitão desmamado	Crescimento	Terminação/ Porcas
Largura mínima ripa (mm)	50	50	80	80
Largura máxima abertura (mm)	11	14	18	20

Fonte: DIRETIVA 2008/120/CE União Europeia relativa às normas mínimas de proteção de suínos.

Revestimentos para pisos de concreto

A porosidade do concreto é um dos principais fatores físicos influentes na taxa de deterioração de concretos expostos a soluções químicas agressivas. Deste modo, além de todas as recomendações, relativas ao concreto, já mencionadas neste trabalho, o uso de endurecedores de superfície (silicatos), bloqueadores de porosidade, revestimentos poliméricos (epóxi) e o uso de hidrofugantes também podem aumentar a vida útil das estruturas de concreto utilizadas na suinocultura (De Belie et al., 2000).

Considerações finais

O concreto nas instalações para suínos está sujeito a agentes agressivos que podem solubilizar a pasta de cimento, expor os agregados, além de acelerar o processo de corrosão do aço dentro das estruturas. A durabilidade dos concretos utilizados na suinocultura está diretamente ligada à sua dosagem e controle de qualidade da execução.

Seguir as recomendações técnicas mencionadas pode aumentar a vida útil de estruturas de concreto utilizadas em edificações para a produção de suínos.

Agradecimentos

Este estudo faz parte do programa de cooperação técnica firmado entre a Embrapa Suínos e Aves e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento através do desenvolvimento do Termo de Execução Descentralizado nº 21000.031978/20016-69, por meio do qual os autores agradecem o apoio financeiro do MAPA para a realização deste trabalho.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto armado - procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7212**: execução de concreto dosado em central. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012. 16 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: projeto e execução de estruturas pré-moldadas de concreto. Rio de Janeiro, 2017. 86 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: execução de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 53 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: concreto de cimento Portland - preparo, controle, recebimento e aceitação - procedimento. Rio de Janeiro, 2015. 23 p.

BATTAGIN, A. F.; CURTI, R.; SILVA, C. O.; MUNHOZ, F. A. C. Influência das condições de cura em algumas propriedades dos concretos convencionais e de alto desempenho In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 44., 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2002.

BERTON, A.; ESCADEILLAS, G.; DUCHESNE, J. Cement pastes alteration by liquid manure organic acids: chemical and mineralogical characterization. **Cement and Concrete Research**, v. 34, p. 1823-1835, 2004. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.01.002>>.

BORTOLI, M. **Desnitrificação em dejetos frescos de suínos com vistas ao reuso de efluentes da suinocultura**. Florianópolis, 2014. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

CHODOUNSKY, M. A. **Pisos industriais de concreto**: aspectos teóricos e construtivos. São Paulo: Reggenza, 2007.

CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Directiva 2008/120/CE do Conselho de 18 de dezembro de 2008 relativa às normas mínimas para a protecção de suínos (Versão codificada). Disponível em: <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32008L0120>>. Acesso em: 07 nov. 2019

DE BELIE, N. J. J.; LENCHAN, C. R.; BRAAM, B.; SVENNERSTEDT, M.; RICHARDSON, S. Durability of Building Materials and Components in the Agricultural Environment: Part I, The agricultural environment and timber structures. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 76, p. 3-16, 2000. DOI: <<https://doi.org/10.1006/jaer.1999.0505>>.

DE BELIE, N. On-farm trial to determine the durability of different concrete slats for fattening pigs. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 68, p. 311-316, 1997. DOI: <<https://doi.org/10.1006/jaer.1997.0209>>.

EUROPEAN STANDARDS. **EN 12737:2004+A1:2007**: precast concrete products: floor slats for livestock. Pilsen, 2008. 36 p.

EUROPEAN STANDARDS. **EN 13747:2005+A2:2010**: precast concrete products: floor plates for floor systems. Pilsen, 2010. 90 p.

IRLANDA. **Minimum Specification for Concrete Composition Used in Agricultural Structures**. Department of Agriculture, Food & Marine. Na Roinn Talmhaíochta, Bia Agus Mara. 2017.

KRAMER, T.; ALBERTON, G.C. Prevalência de claudicação de porcas e condições das gaiolas de gestação em granjas no sul e sudeste do Brasil. In: ANAIS DO FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 7. 2014, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2014. p. 78-119. 1 CD-ROM.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5485-5489, 2009.

MASSANA, J., GUERRERO, A., ANTÓN, R., GARCIMARTÍN, M. A., SÁNCHEZ, E. The aggressiveness of pig slurry to cement mortars. **Biosystems Engineering**, v. 114, p. 124-134, 2013.

MEHTA, P. K., MONTEIRO, P. J. M. **Concrete. Microstructure, properties and materials**. New York: Mc Graw Hill Publishing, 2006.

MORENO, M.; MORRIS, W.; ALVAREZ, M. G.; DUFFO, G. S. Corrosion of reinforcing steel in stimulated concrete pore solutions. Effect of carbonation and chloride content. **Corrosion Science**, v. 46, p. 2681-2699, 2004. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.corsci.2004.03.013>>.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 5. ed. Porto Alegre. Bookman, 2016.

- NILSSON, C. **Floors in animal houses**: technical design with respect to the biological needs of animal in reference to the thermal, friction and abrasive characteristics and the softness of the flooring material. Lund/Sweden: Department of Farms Buildings/Swedish University of Agricultural Sciences, 1988. Report 61.
- OLSSON, A.; SVENDSEN, J.; BOTERMANS, J.; BERGSTEN, C. An experimental model for studying claw lesions in growing female pigs. **Livestock Science**, v. 184, p. 58-63, 2016. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2015.12.005>>.
- PEDERSEN, S.; RAVN, P. Characteristics of slatted floors in pig pens; friction, shock absorption, ammonia emission and heat conduction. **Agricultural Engineering International: CIGR Ejournal**, manuscript BC 08 005, v. X. July 2008.
- RICHTER T. Skid proofing of concrete stable floors. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CONCRETE FOR A SUSTAINABLE AGRICULTURE-AGRO, AQUA AND COMMUNITY APPLICATIONS, 4., 2002, Gent. **Proceedings...** Gent/Belgium: 2002. p. 61-68.
- ROSTAM, S. **Repair methods**. Lisboa: IABSE, 1989
- SONG, H. W.; SARASWATHY, V. Studies on the corrosion resistance of reinforced steel in concrete with ground granulated blast-furnace slag; an overview. **Journal of Hazardous Materials**, v. 138, n. 2, p. 226-233, 2006.
- SVENNERSTEDT, B.; DE BELIE, N.; BRAAM, C. R.; LENEHAN, J. J.; RICHARDSON, M.; SONCK, B. **Durability of Building materials and components in agricultural environments**. Alnarp: Dep. of Agricultural Biosystems and Technology/Swedish University of Agricultural Sciences, 1999. Report 119.
- TAVARES, J. M. R. **Consumo de água e produção de dejetos na suinocultura**. 2012. 230 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- THORUP, V. M.; TOEGERSEN, F. A.; JOERGENSEN, B.; JENSEN, B. R. Biomechanical gait analysis of pigs walking on solid concrete floor. **Animal**, v. 1, p. 708-715, 2007.
- YAZICI, S.; INAN, G. An investigation on the wear of high strength concretes. **Wear**, v. 260, n. 6, p. 615-618, 2006. DOI: 10.1016/j.wear.2005.03.028
- YE, Z.; LI, B.; CHENG, B.; CHEN, G.; ZHANG, Z.; SHI, Z.; WEI, X.; XI, L. A concrete slatted floor system for separation of faeces and urine in pig houses. **Biosystems Engineering**, v. 98, n. 2, p. 206-214, 2007. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2007.07.007
- ZHANG, H.; PRONCE, D.; XIN, H.; HARMON, J. D. Production and emission dynamics of manure gas in nursery rooms with shallow pits. In: ASAE International winter meeting Chicago, Illinois, 13-16 December, 1994.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Suínos e Aves
Rodovia BR 153 - KM 110
Caixa Postal 321
89.715-899, Concórdia, SC
Fone: (49) 3441 0400
Fax: (49) 3441 0497
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Versão eletrônica (2020)



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

Comitê Local de Publicações da Embrapa Suínos e Aves

Presidente

Marcelo Miele

Secretária-Executiva

Tânia Maria Biavatti Celant

Membros

Airton Kunz, Clarissa Silveira Luiz Vaz,

Gerson Neudi Scheuermann,

Jane de Oliveira Peixoto e

Monalisa Leal Pereira

Supervisão editorial

Tânia Maria Biavatti Celant

Revisão técnica

Paulo Armando Victoria de Oliveira

Paulo Giovanni de Abreu

Revisão de texto

Lucas Scherer Cardoso

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Vivian Fracasso