

# Eternizando Suas Embalagens na Fabricação das Argamassas

Argamassa aditivada de flocos celulósicos provenientes da própria embalagem

## 1. Introdução

Com base na Logística Reversa, definido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, do Ministério do Meio Ambiente, como: “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou na destinação final ambientalmente adequada”, a empresa acredita que os processos industriais e de logística precisam ser reorganizados urgentemente para meios menos poluentes.

Desta forma, a argamassa sustentável em questão apresenta solução inovadora em relação à necessidade de se encontrar uma destinação ambientalmente adequada para os sacos de argamassas, um problema que há anos afeta o ramo da construção civil.

A argamassa sustentável é a argamassa aditivada de fibras de celulose provenientes da reciclagem da sua própria embalagem. Foi idealizada com base no conceito da Economia Circular, um pensar estratégico que assenta na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia.

Em parceria com renomada instituição acadêmica, foi desenvolvida, através de diversos estudos de comportamento, mecânicos e de durabilidade, a melhor forma para transformar e adicionar a embalagem da argamassa em sua composição. O objetivo da argamassa sustentável é oferecer aos clientes uma solução sustentável para os resíduos de sacaria gerados após a utilização das argamassas, reduzindo e neutralizando os impactos ambientais de suas atividades.

## 2. Metodologia

A argamassa sustentável foi desenvolvida partir de um estudo interlaboratorial realizado entre a empresa e a universidade, coordenada por professor da instituição. Diante dos resultados dos ensaios mecânicos (compressão, flexão em corpos-de-prova prismáticos, aderência à tração e durabilidade) e de retração realizados, foi determinada a melhor porcentagem e diâmetro do papel reciclado a ser incorporado e argamassa (ver micrografia do papel na Imagem 1 em anexo).

A argamassa foi produzida em misturador do tipo planetário seguindo dosagens estabelecidas pela empresa (ver Tabela 1), e os sacos de argamassa foram triturados em moinho de facas com telas, inicialmente com três diferentes espaçamentos e incorporados nas diversas formulações estudadas no projeto.

MATERIAIS	0	A	B
Argamassa	1,5 kg	1,5 kg	1,5 kg
Água	285 ml	285 ml	285 ml
Papel reciclado	0	(X %) g	(Y %) g
Meilose GMC 1150		0,001% (em massa)	

Tabela 1. Consumo de materiais para produção da argamassa.

Foram realizados ensaios de compressão uniaxial e flexão em três pontos aos 28 dias de idade para cada formulação. Todos os testes foram executados em um sistema de ensaios universais servo-controlados da MTS Systems Corporation.

Os ensaios de aderência à tração foram realizados em argamassas com e sem inclusão de papel reciclado de acordo com a NBR 13528 aos 28 dias de idade.

Para realização dos ensaios de durabilidade os cilindros de argamassa com e sem incorporação de papel reciclado foram envelhecidos através de ensaios de molhagem e secagem. Os corpos de prova foram submetidos a 12 ciclos. Em cada ciclo o corpo de prova é saturado por 24h em água e exposto durante 48h em estufa a 40°C e depois testados a compressão.

O ensaio de retração restringida através de anel de aço foi conduzido conforme prescrições da ASTM C1581, objetivando avaliar o potencial de fissuração das argamassas com e sem resíduo celulósico. O ensaio foi realizado em ambiente com temperatura e umidade relativa controladas e as amostras foram monitoradas durante um período de 104 dias.

Além dos ensaios de retração da ASTM C 1581 argamassas com e sem adição de resíduos celulósicos foram aplicadas nas paredes do laboratório de Fluência e Retração do departamento de Engenharia Civil da Universidade para monitoramento de fissuras de retração. A temperatura e umidade do ambiente foram mantidas constantes durante os 4 meses de monitoramento. As mesmas formulações foram aplicadas na parede externa do laboratório de Estruturas e Materiais para monitoramento de fissuras durante 4 meses.

### 3. Resultados dos Ensaios Mecânicos e de Durabilidade

No presente trabalho foi utilizado o traço base de revestimento externo (multiuso) da empresa com adição de aditivo meilose GMC 1150 (hidroxipropil metilcelulose) com tamanho médio de partícula inferior a 149µm. Tal aditivo, também conhecido como HPMC, é um polímero derivado da celulose com alta capacidade de molhagem e alta velocidade de hidratação. No concreto ou argamassas ele tem como função melhorar a consistência da massa e aumentar a retenção de água.

Inicialmente foram realizados ensaios de compressão e flexão realizados nos traços com aditivo HPMC e inclusões dos resíduos de papel em diferentes comprimentos e porcentagens. Após a obtenção dos resultados, foi decidido descartar os flocos celulósicos que eram demasiadamente pequenos e excessivamente grandes, pois apresentaram queda no desempenho mecânico.

Com os resultados obtidos foi decidido então testar somente as argamassas com resíduos de papel de comprimento intermediário e retirar do traço o aditivo HPMC.

A tabela 4 apresenta os resultados dos ensaios de compressão realizados em cilindros e em prismas. Esses ensaios foram realizados apenas em misturas sem aditivo HPMC e com duas porcentagens distintas de resíduos de papel processados. Verificou-se que essa argamassa apresenta resistência à compressão muito próxima a da referência. Além disso, mostra-se que os ensaios de compressão realizados em seções prismáticas resultam em valores superiores aqueles obtidos em cilindros.

Material	Força (kN)		Tensão (MPa)	
	Cilindro	Prisma	Cilindro	Prisma
<b>A</b>	14,59 (1,37)	18,57 (1,46)	7,43 (0,70)	11,60 (0,9)
<b>B</b>	12,28 (0,71)	16,51 (0,95)	6,25 (0,36)	10,31 (0,59)

Tabela 4. Média e desvio padrão dos resultados de compressão uniaxial realizados em cilindros e prismas aos 28 dias de idade. Misturas sem aditivo HPMC.

A tabela 5 apresenta os resultados obtidos a partir dos ensaios de flexão em 3 pontos para argamassas sem aditivo HPMC e com duas porcentagens distintas de resíduos de papel processados. Foram obtidos resultados de flexão superiores aos da argamassa de referência.

Material	Força (kN)	Tensão (MPa)
<b>A</b>	0,72 (0,007)	2,55 (0,02)
<b>B</b>	0,70 (0,010)	2,46 (0,05)

Tabela 5. Média e desvio padrão dos resultados de flexão em 3 pontos realizado aos 28 dias de idade. Misturas sem aditivo HPMC.

Todos resultados obtidos a partir de ensaios de aderência à tração realizados em argamassas sem aditivo HPMC com e sem inclusão de papel reciclado foram satisfatórios. Para todas as misturas foi obtido um valor médio de aderência igual ou superior a 0,30 MPa. Para este tipo de argamassa, a norma brasileira (NBR 13528) recomenda um valor médio de aderência à tração igual ou superior a 0,30 MPa.

É sabido que fibras lignocelulósicas se degradam em ambientes alcalinos. A principal causa dessa degradação é a hidrólise alcalina. Essa hidrólise provoca a divisão da cadeia molecular e reduz o grau de polimerização da celulose. A água alcalina presente nos poros da matriz cimentícia dissolve a lignina e a hemicelulose, quebrando, assim, as ligações entre as fibrocélulas. Tal mecanismo pode também ocorrer nos resíduos de papel utilizados no presente trabalho. Para verificar essa hipótese foram realizados ensaios de durabilidade. A tabela 9 mostra os resultados dos ensaios de compressão realizados antes e após os ciclos de molhagem e secagem os quais simulam o envelhecimento acelerado do material.

Os resultados mostram uma redução na resistência à compressão entre 9 e 14% após 12 ciclos de molhagem e secagem. No trabalho de Melo Filho et al. [\*] verificou-se que mesmo para uma matriz compatível com fibras naturais após 10 ciclos de molhagem

e secagem ocorreu uma redução de 15% na resistência a flexão. Tal redução não está relacionada com a degradação da fibra, mais sim com um processo de degradação da interface fibra matriz.

Mistura	Carga Máxima (kN)	Tensão Máxima (MPa)
A Referencia	12,77 (0,45)	6,50 (0,23)
B Referencia	12,41 (0,39)	6,32 (0,20)
A Referencia	11,55 (0,43)	5,88 (0,21)
B Referencia	10,62 (0,49)	5,41 (0,25)

Tabela 9. Resultados dos ensaios de durabilidade realizados em argamassas multiuso sem aditivo HPMC e com duas adições de papel reciclado.

[\*] Melo Filho J.A., Silva F.A., Toledo Filho R.D. Degradation Kinetics and Aging Mechanisms on Sisal Fiber Cement Composite Systems. Cement & Concrete Composites, v. 40, p. 30-39, 2013.

#### 4. Resultado dos Ensaio de Retração

As curvas do gráfico 1 abaixo mostram que à medida que as misturas sofreram retração elas exerceram uma tensão uniforme de compressão sobre o anel conduzindo ao desenvolvimento de deformações no mesmo. Simultaneamente à tendência de retração das misturas, tensões de tração foram induzidas no material pela presença de uma restrição passiva. Quando essas tensões de tração ultrapassaram a resistência à tração do material ocorre a formação de uma fissura, e a deformação do anel de aço sofre uma queda abrupta.

As amostras com adição de resíduo celulósico mostraram um comportamento superior em relação ao comportamento de fissuração sob condições restringidas, retardando a formação de fissuras e limitando suas respectivas aberturas. A amostra com adição de X% de resíduo celulósico demonstrou o melhor comportamento com a formação de fissura após 16 dias e abertura média de fissura de 0,25mm (como evidencia a Imagem 3 em anexo).

A abertura média de fissuras foi determinada como a média de 5 fissuras em posições diferentes do corpo de prova. A tabela 10 apresenta os valores de todas as aberturas de fissuras calculadas. Além disso notou-se que para as misturas com adições celulósicas a abertura de fissuras não acontece de forma instantânea e sim de forma lenta. Para as misturas sem adição de resíduo celulósico a queda abrupta de deformação do anel de aço aconteceu depois de 12 dias de ensaio. Essa queda abrupta está relacionada com a abertura de fissura em toda a altura do corpo de prova. Além disso a abertura de fissura média também foi bem superior para as argamassas sem adição do resíduo celulósico ficando sempre acima de 0,5 mm.

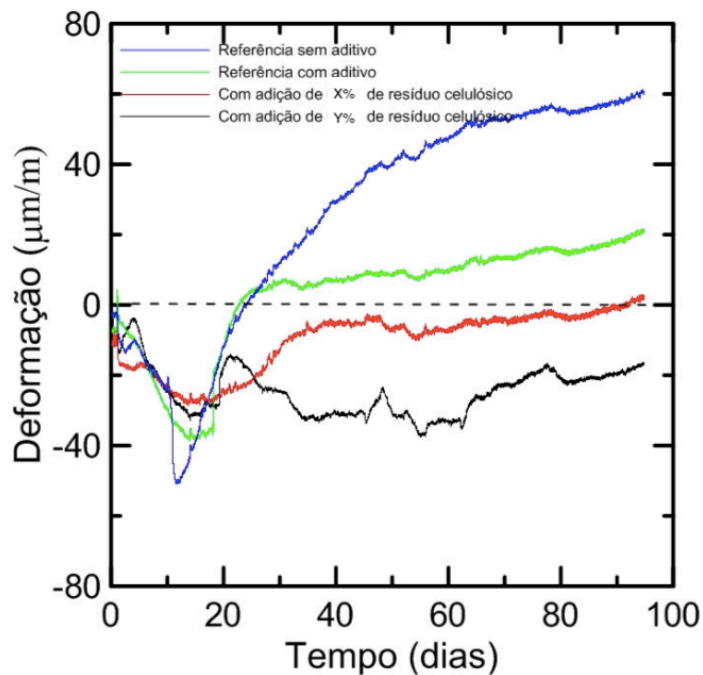


Gráfico 1. Curvas de retração dos ensaios segundo a ASTM C 1581

Posição	Abertura de Fissuras em (mm)			
	Referência sem aditivo	Referência	X% de resíduo	Y% de resíduo
<b>Topo</b>	0,684	0,503	0,283	0,298
<b>1</b>	0,723	0,612	0,263	0,519
<b>2</b>	0,713	0,644	0,296	0,420
<b>3</b>	0,704	0,570	0,154	0,384
<b>Base</b>	0,680	0,572	0,249	0,404
<b>Média</b>	0,70	0,58	0,25	0,40

Tabela 10 – Abertura de fissuras determinadas em 5 diferentes posições.

As argamassas com e sem adição de resíduos celulósicos foram aplicadas nas paredes do laboratório e monitoradas em condições de temperatura e umidade controladas e expostas ao ambiente. Foram monitoradas quatro amostras nas duas condições: argamassa de referência, argamassa de referência sem aditivo e argamassa com adições de resíduo celulósicos em porcentagens distintas. Todas as amostras foram expostas por 4 meses.

Nenhuma fissura foi observada durante os 4 meses de monitoramento para as argamassas expostas em condições controladas de temperatura e umidade. Já para as argamassas expostas ao tempo foi observada a formação de uma fissura com abertura de 0,1 mm apenas para a argamassa sem aditivo ou fibra.

## **5. Análise Final dos Ensaio**

Após diversos estudos das propriedades mecânicas, de durabilidade e retração de misturas, verificou-se que é possível utilizar os resíduos de papel (flocos de celulose) como substituto de aditivos HPMC. As argamassas com inclusão de de papel reciclado e sem aditivos HPMC apresentaram resistências à compressão, flexão e aderência à tração similar àquelas apresentadas por argamassa de referência utilizada no mercado pela empresa.

Além disso, ensaios de envelhecimento acelerado mostram que existe apenas uma pequena redução na resistência à compressão após os ciclos de molhagem e secagem. Essa redução na resistência à compressão também é observada em argamassas convencionais quando submetidas a ciclos de envelhecimento acelerado.

Os flocos de celulose atuam também no controle de fissuras decorrente da retração por secagem de argamassas. Observou-se que argamassas com inclusão de papel reciclado quando testadas de acordo com a norma da ASTM C 1581 apresentam formação de fissuras em estágio mais avançado, de forma estável e com menor abertura. Neste tipo de teste (ASTM C 1581) a abertura de fissura média observada na argamassas com adição de X% de papel reciclado apresentou de 0,25 mm enquanto que para a argamassa de referência a abertura média de fissura foi de 0,58 mm. As imagens 2 e 3 em anexo mostram as fissuras nas amostras de referencia e aditivada, respectivamente.

Observou-se também que para as argamassas aplicadas em parede tanto em condições de laboratório quanto expostas ao tempo não foi observada nenhuma formação de fissura para as argamassas com a adição de flocos celulósicos.

Com os resultados da pesquisa foi evidenciado que utilizar argamassas com inclusões de papel reciclado não causa nenhum prejuízo ou redução de desempenho mecânico e de durabilidade. Vale ressaltar também que, quanto a retração, houve melhoria significativa no desempenho da argamassa aditivada em relação à de referencia.

Portanto, substituindo completamente ou parcialmente o HPMC pelos flocos de celulose, a argamassa torna-se mais econômica e mais atrativa que a argamassa de referencia.

## **6. O Mercado da Argamassa Sustentável**

A argamassa aditivada de resíduo celulósico da sua própria embalagem foi utilizada no assentamento e emboço (interno e externo) do centro de treinamento de um time de futebol carioca. O CT foi construído na Barra da Tijuca, Rio de Janeiro no ano de 2016 em terreno de 39,3 mil m<sup>2</sup> (ver Imagem 4 em anexo).

Não foram notadas nenhuma fissura nem nenhum outro comportamento fora do normal. O acabamento é superior ao da argamassa de referência sendo quase que impossível notar qualquer diferença pela adição do resíduo celulósico.

Atualmente, após o lançamento da argamassa sustentável, ela está sendo utilizada na construção do centro de treinamento de outro time em Vargem Grande e em mais de 80 obras, em andamento ou concluídas. É também comercializada em cerca de

50 lojas de materiais de construção. Todos interessados em propagar o conceito de economia circular utilizando produtos de qualidade. É evidente que a sustentabilidade deixou de ser um atributo para ser norteador indispensável em todos os modelos de negócios.

## 7. Fechando o Ciclo Sustentável da Argamassa Sustentável

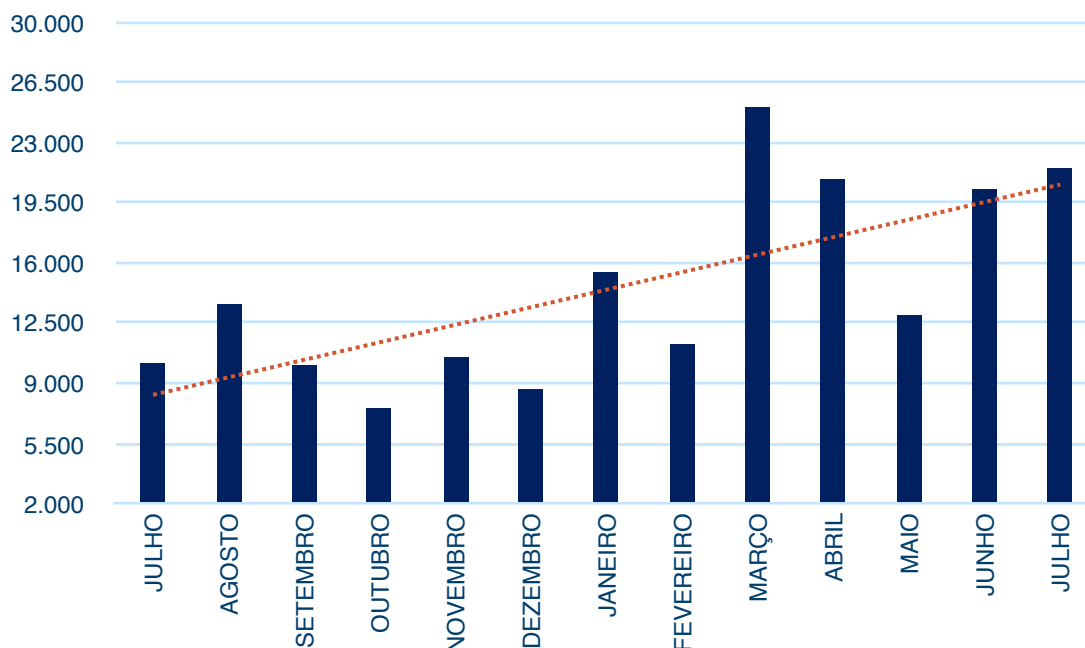
Por se tratar de embalagem retornável, reutilizada como insumo e que não deve ser descartada, a empresa elimina grande entrave da construção civil: o descarte das sacarias. Antes deste produto inovador, as embalagens eram consideradas resíduos tóxicos, devido ao resquício de cimento e outros componentes, presentes no traço da argamassa. O retorno das sacarias da argamassa, por si só, torna o produto atrativo pela economia com o descarte, da ordem de 60 a 80 centavos por saco, dispostos, com sorte, em aterros sanitários.

No entanto, a empresa reforça que todos os níveis e setores devem compreender a necessidade e importância em armazenar e devolver as sacarias usadas. Para isso, além do contato constante com a gerência das obras, também são realizadas palestras de conscientização e incentivo com todos os colaboradores e sub-empregados, com sorteio de brindes e cestas básicas (Imagem 5 e 6 em anexo).

Outra iniciativa da empresa que vale destaque é o retorno de sacos cheios da argamassa sustentável em troca de sacos vazios. Com a meta de atingir 100% de recolhimento, a empresa estipulou que a cada cem sacos vazios retornados de grandes clientes, um saco cheio da argamassa sustentável será dado em retorno.

Lojas e clientes do varejo também são beneficiados, a cada dez sacos da argamassa sustentável retornados, um saco cheio é dado em retorno. A Imagem 7 em anexo mostra um pedreiro e também revendedor da argamassa, retornando as sacarias vazias.

No gráfico abaixo é possível observar o desempenho do recolhimento das sacarias da argamassa sustentável.



## Gráfico 2. Desempenho do recolhimento de sacarias entre julho/2017 e Julho/2018.

Uma das formas de indivíduos, instituições ou organizações amenizarem os impactos da produção e do consumo no meio ambiente é reavaliar o ciclo de vida dos produtos. A empresa quer incentivar que outros também pensem desta forma. A Imagem 8 em anexo exhibe sacos retornados à empresa.

### 7. O Programa Social

A argamassa sustentável não tem caráter inovador somente no aspecto tecnológico e pela conservação ambiental, mas também na conscientização para o bem social. A empresa busca, a cada dia, reforçar sua contribuição em causas sociais junto à comunidade. Para isso, e como agente incentivador na devolução das embalagens, foi desenvolvido o Programa social. Criado com o objetivo de estimular o reaproveitamento de resíduos e, também, de beneficiar a população mais carente.

O programa fomenta os parceiros comerciais da empresa a terem atitudes sustentáveis, que iniciam com a devolução das sacarias da argamassa. A cada 100 sacos recolhidos das obras, um saco de 50kg da argamassa para emboço é doado à comunidades carentes cadastradas no programa.

Em média, 50 sacos de 50kg de emboço são utilizados no revestimento externo uma moradia socialmente desfavorecida. Portanto, a cada 5.000 sacos devolvidos, uma família é protegida.

A tabela abaixo mostra o desempenho de todos os clientes da empresa. Foram quase 190.000 sacos retornados, com um Coeficiente de Devolução de Sacarias de 25,4% e, portanto, é somado um total de 37 casas a serem emboçadas pelo Programa social.



OBRAS	SACOS RETORNADOS	CDA	PROTETÔMETRO
GERAL	187.617	0,254	 

Tabela 11- Resultado do recolhimento do ultimo ano e numero de moradias a serem emboçadas pelo programa.

### 8. A Primeira Moradia Emboçada

A primeira casa a receber o emboço foi escolhida por assistentes sociais de Itaboraí- RJ, onde a empresa se localiza, e comoveu a todos os envolvidos no desenvolvimento do programa. Uma das moradoras da residência deu o seguinte depoimento: “Eu estou muito feliz, vocês realizaram um sonho. Nem acredito que vou ver minha casa emboçada”. Imagem 9 e 10 em anexo mostram o antes e depois da moradia.



Para que o ciclo da sustentabilidade seja completo e para atender aos objetivos da empresa, a família agraciada pelo programa também deve cumprir com uma contrapartida. Esta funciona com o retorno das sacarias utilizadas no emboço das residências, em troca de novos sacos de argamassa.

A cada dez sacos retornados, um saco de qualquer linha da argamassa sustentável é doado em retorno. Assim, a empresa visa conscientizar e inspirar as pessoas a replicarem ações com foco na cultura sustentável. O programa, portanto, cria a possibilidade de proteger, através do emboço, diversas famílias, além de incentivar a conservação do meio ambiente.

## **9. O Programa Social *Interno***

Para cumprir com a conscientização dentro da empresa, foi criado o Programa social *Interno*. Os funcionários da empresa que se enquadravam nos pré-requisitos do programa foram também beneficiados e tiveram suas casas emboçadas. A mão de obra para o emboço veio de outros funcionários pró ativos ao programa. Um dos funcionários beneficiados deu o seguinte depoimento: "Achei muito legal a preocupação da empresa comigo e minha família. Minha esposa e minha mãe ficaram felizes demais com esse projeto."

Para estimular a solidariedade e integração nos demais colaboradores das empresas, por iniciativa dos mesmos, foi criada a "Vaquinha pós programa social". Doações limitadas a R\$ 10,00 por pessoa foram feitas e o dinheiro arrecadado foi destinado a pintura das casas emboçadas pelo programa *interno*. Tintas, rolos, pincéis e outros materiais são adquiridos e a empresa contribuiu com a mão de obra.

Muito trabalho ainda precisa ser feito, mas pode-se afirmar que o projeto já é um sucesso. Vale ressaltar a alegria de toda a equipe interna envolvida no Programa social, principalmente ao perceber o enorme carinho recebido das famílias que foram beneficiadas pelo programa.

## **10. O Legado de Argamassa Sustentável**

Torna-se, diante desta tendencia crescente do pensar econômico-ecológico, indispensável encontrar formas de atender aos objetivos da ecoeficiência, e a empresa acredita ter encontrado a melhor maneira de atender sua responsabilidade socioambiental.

Fazendo uso dos produtos da argamassa, passa a ser despertado, no dia a dia dos clientes da empresa, uma nova cultura, voltada para ações inovadoras de sustentabilidade. A argamassa sustentável passa a promover a educação dos consumidores para um uso mais racional dos recursos naturais.

A tendência é, portanto, o uso inteligente dos recursos e mudanças das formas de produção. Soluções eficientes devem vir em todos os níveis, inclusive nas formas de consumo. A argamassa sustentável é exemplo de circularidade, de mudança e solução.