



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Revêtements de murs à basse consommation énergétique

Maria do Rosário Veiga
rveiga@Inec.pt

Nádia Lampreia
nlampreia@Inec.pt

Département des Bâtiments
Service de Revêtements et Isolations

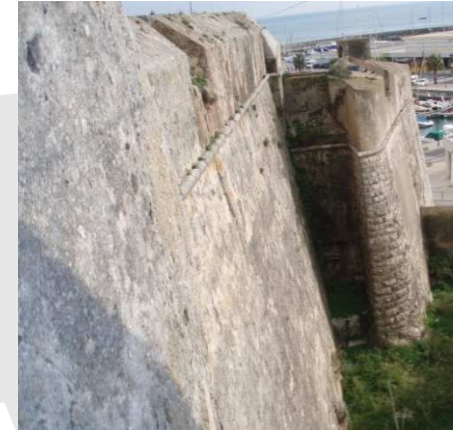


Fonctions

Les revêtements de mur en mortier accomplissent plusieurs fonctions. Les principaux peuvent être groupés en deux types:

- Protection des murs vers les sollicitations climatiques, environnementales et d'usage.
- Esthétiques et décoratives.

Additionally, they can also have stabilization functions of the wall structure.



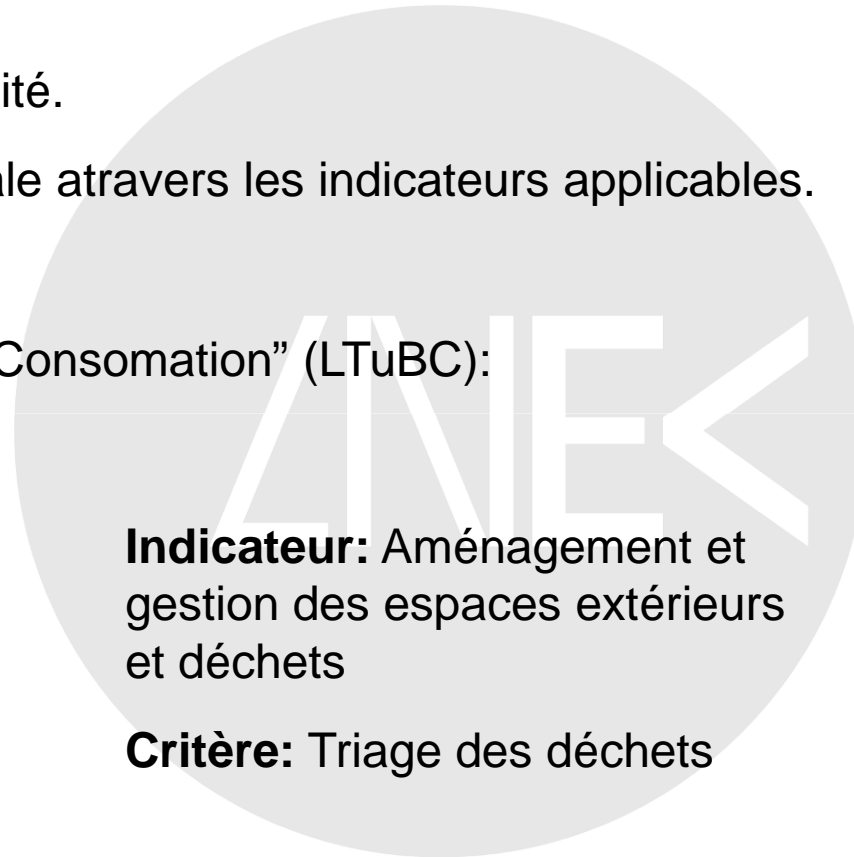
Approche

- Maintenir la performance et la durabilité.
- Incrémenter l'efficacité environnementale à travers les indicateurs applicables.

D'après le "Labelle Tunisien de Basse Consommation" (LTuBC):

Indicateur: Intégration et usage des matériaux locaux

Critère: usage de matériaux locaux et énergie grise



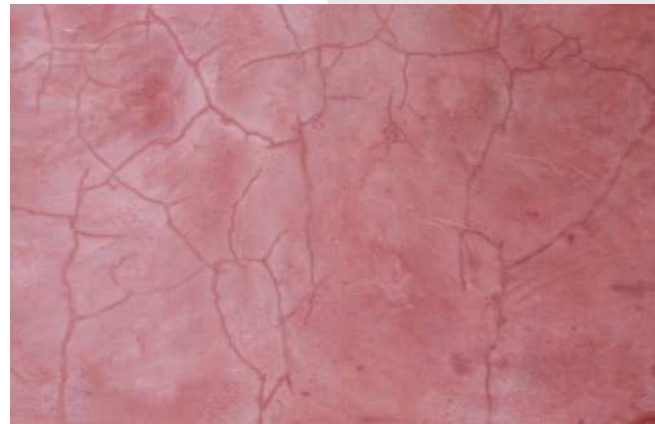
Indicateur: Aménagement et gestion des espaces extérieurs et déchets

Critère: Triage des déchets

Caractéristiques et exigences

Pour accomplir ces fonctions, ils doivent vérifier des exigences:

- Adhérence au support
- Résistance mécanique
- Déformabilité
- Résistance à la fissuration
- (Im)Perméabilité à l'eau
- Perméabilité à la vapeur d'eau



Constitution

Dès temps anciens, ces revêtements sont constitués de plusieurs couches de mortiers, avec des compositions différentes pour s'adapter à chaque fonction, mais compatibles. Ensemble ces couches peuvent accomplir les fonctions des enduits:

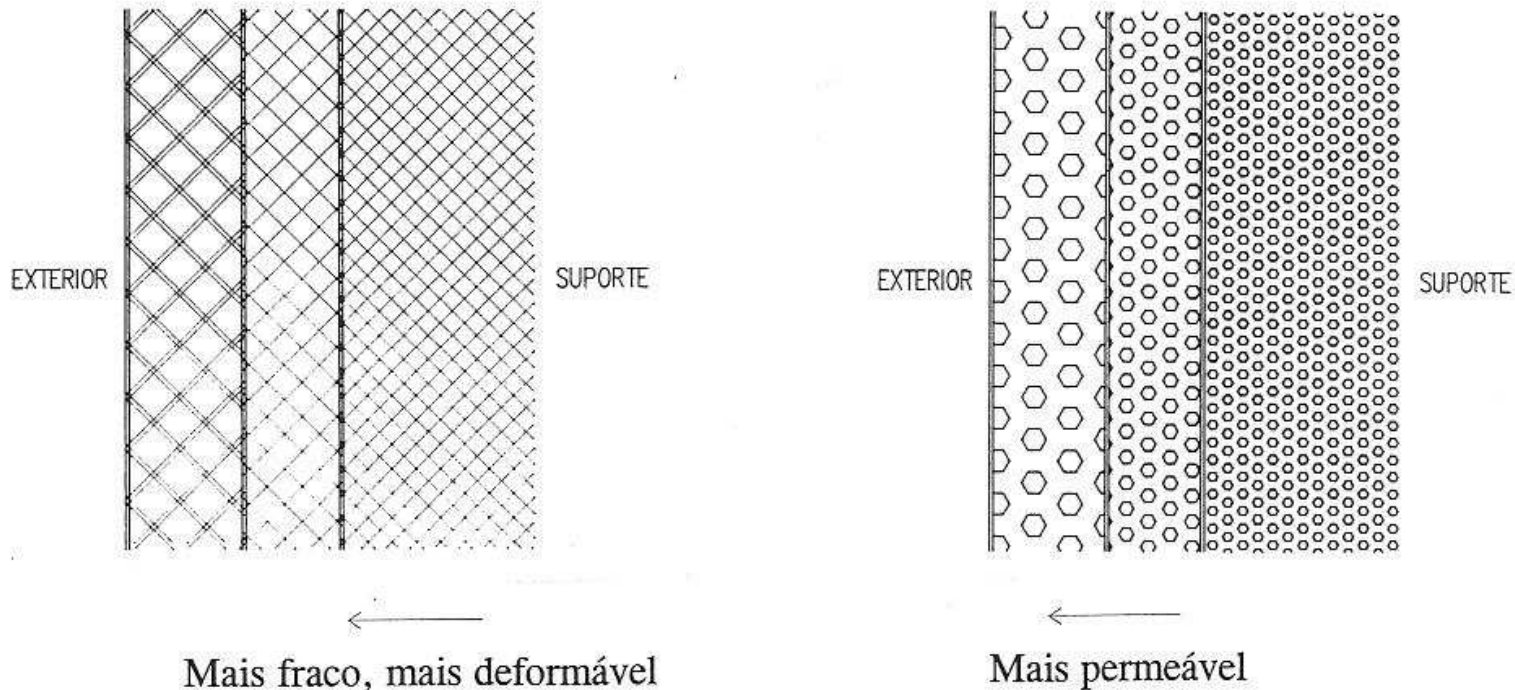
- Couche de préparation / adhérence
- Couche de régularization et imperméabilisation
- Couche de finition / décoration



© LNEC 2006



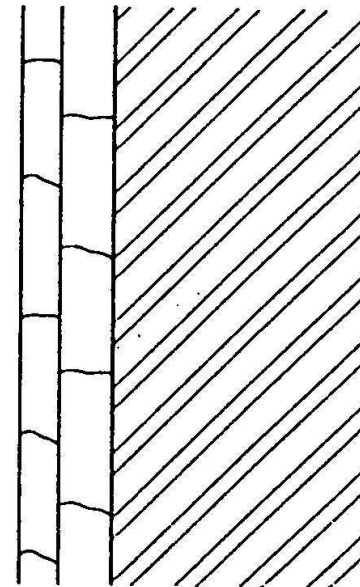
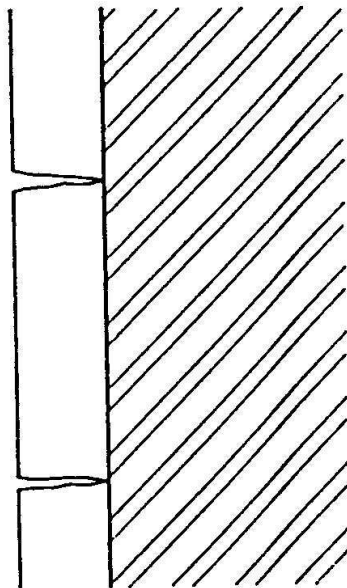
Caractéristiques des couches



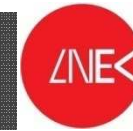
- Du support à l'extérieur: plus déformable, plus faible mécaniquement, plus poreux.
- Couches moins riches en liant et avec granulométrie plus fine.
- Ces systèmes de couches montrent un bon comportement aux déformations structurelles et à l'eau.

Caractéristiques des couches

Plusieurs couches améliorent la capacité d'imperméabilisation, le comportement à la fissuration, l'esthétique, la diversité
Cependant l'application est plus lente et devient plus coûteuse

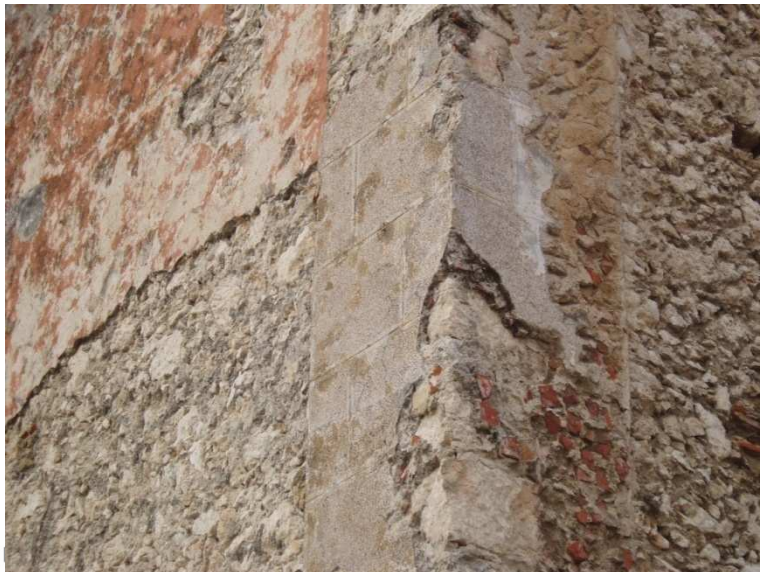


PERFORMANCE ET DURABILITÉ



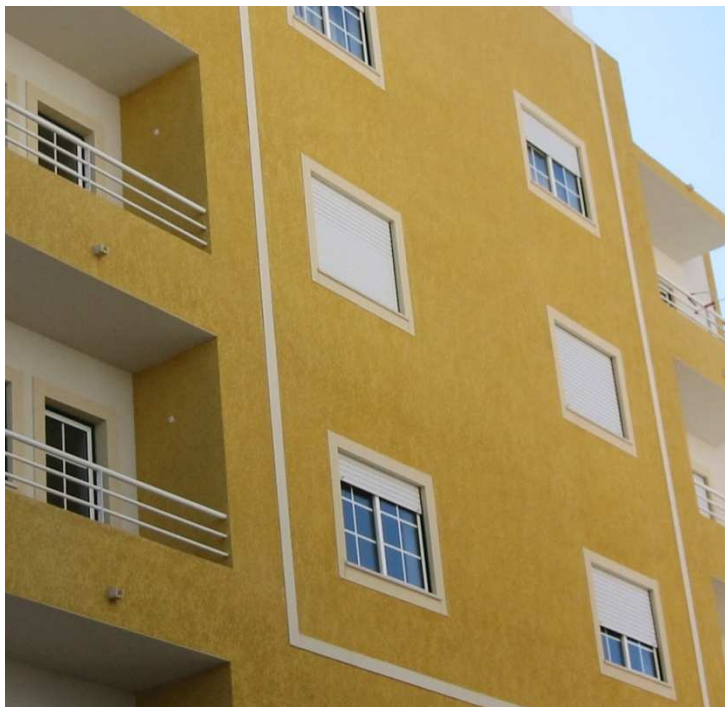
LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Exemples de revêtements multicouches de I – XX siècles



Monocouches

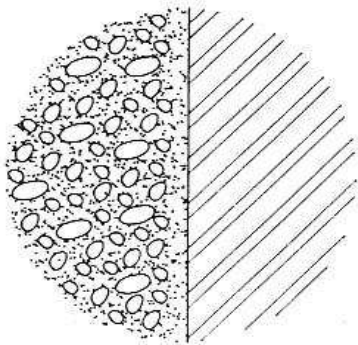
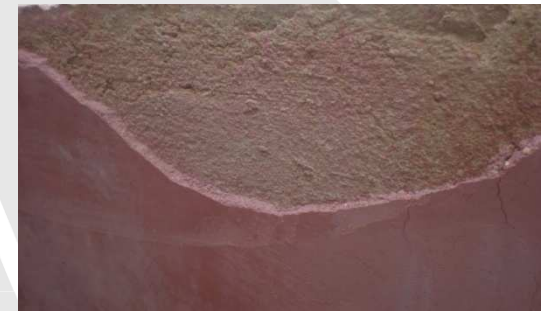
Pour accomplir toutes les fonctions avec une seule couche il faut des formulations élaborées, avec des adjuvants synthétiques, pour atteindre en même temps imperméabilité, déformabilité, adhérence, finition...



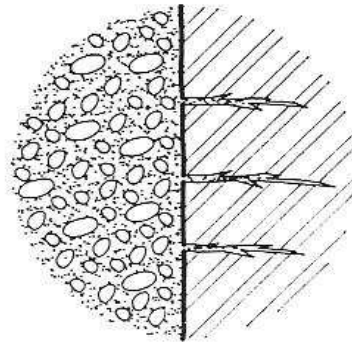
Performance

Adhérence:

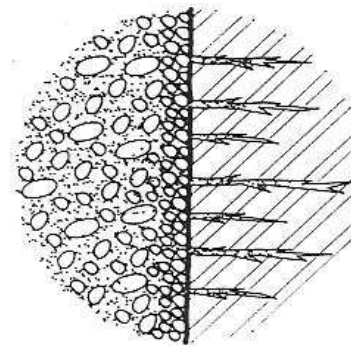
- Traitement du support: absorption, rugosité, possible collage
- Maniabilité du mortier
- Application
- Pénétration du mortier aux pores du support



Support très compact



Support à compacité moyenne



Support très poreux

Performance

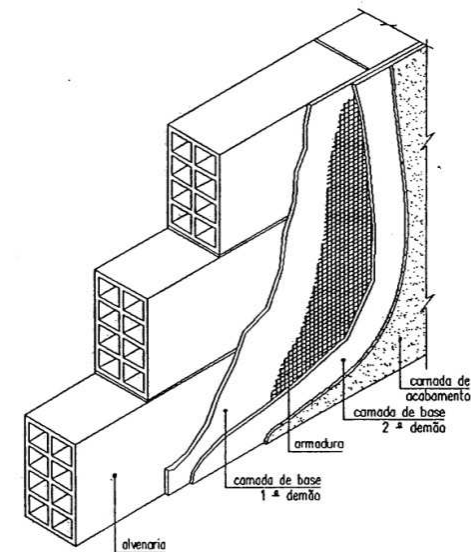
Résistance à la fissuration:

- Bas retrait après rigidification
- Déformabilité
- Résistance à la traction

- Plusieurs couches
- Armatures de treillis, par exemple de fibre de verre



© LN

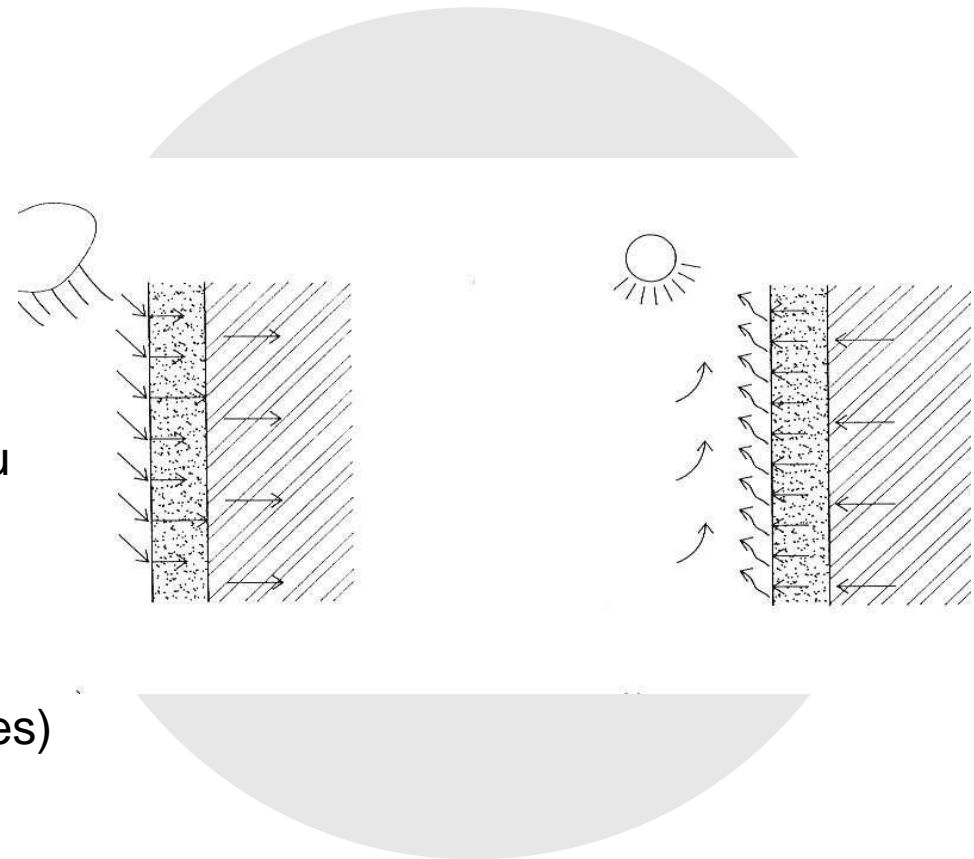


Performance

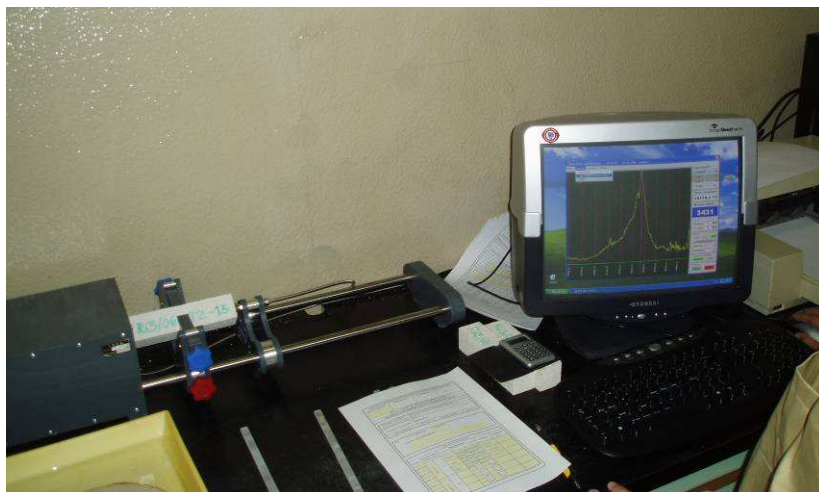
Protection à l'eau:

- Basse absorption d'eau
- Haute perméabilité à la vapeur d'eau
- Basse fissurabilité

(Avec une couche ou plusieurs couches)



Les essais



ANEXO II
Marcação CE
Reprodução da etiqueta da Marcação CE



ANTÓNIO CALDAS – Revestimentos para a Construção Civil, Lda.

Apartado 8

3101-501 LOURIÇAL

Tel.: 251 653 714 / 236 960 320

Fax.: 236 960 329

EN 998-1

Argamassa de revestimento exterior de paredes para uso geral

Reacção ao fogo: Classe A1 (sem necessidade de ensaio prévio - Decisão 2000/147/CE)

Aderência: 0,5 N/mm² para rotura adesiva ou coesiva pelo revestimento - PF:A ou B ou rotura coesiva pelo suporte - PF:C

Absorção de água por capilaridade: Classe W2

Coefficiente de difusão do vapor de água: $\mu = 12$

Condutibilidade térmica: 0,85 W/m.K (valor tabelado - EN 1745)

Durabilidade: Sem degradação após ciclos calor-frio e água-gelo (EN 1015-21)

Marcation CE - etiquette

CE
António Caldas – Revestimentos para a Construção Civil, Lda. Apartado 8 3101-501 LOURIÇAL Tel. 251 0653 714 / 236 960 320 Fax. 236 960 320
EN 998-1 Mortier d'enduit extérieur de murs pour usage général
Réaction au feu: Classe A1 (sans besoin d'essai – Décision 2000/147/CE) Adérence: 0,5 N/mmm ² PF A ou PF B ou PF C Absorption d'eau par capillarité: Classe W2 Coefficient de diffusion du vapeur d'eau: $\mu = 12$ Conductibilité thermique: 0,85 W/m.k (valeur tablé) Durabilité: Sans degradation après cycles chaleur-pluie et eau-glace (EN 1015-21)

 LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL		DA 1	
DOCUMENTO DE APLICAÇÃO		CI/SFB 000 (41) Pg4 (Ajs)	
ANTÓNIO CALDAS Revestimentos para a Construção Civil, Lda. Aparado 8, 3701-001 LOURINHA tel.: 25 165 37 14 / 25 695 03 20 fax: 23 896 63 20		CDU 693 625 692 2 ISSN 1646-3595	
DECORABATE REVESTIMENTO EXTERIOR DE PAREDES		REVESTIMENTO DE PAREDES REVÊTEMENT DE MUR WALL COVERING	
		DEZEMBRO DE 2005	

A situação de validade do DA pode ser verificada no portal do LNEC (www.lnec.pt).

Document d'Application LNEC - DA



O presente Documento de Aplicação, de carácter voluntário, define as características do produto DECORABATE, fabricado pela empresa António Caldas – Revestimentos para a Construção Civil, Lda., e refere as condições de aplicação do produto em revestimentos exteriores de paredes.

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) emite um parecer técnico favorável relativamente aos revestimentos exteriores de paredes executados com o produto DECORABATE descrito na secção 1 do presente Documento de Aplicação, desde que se verifiquem as seguintes condições:

- a empresa António Caldas – Revestimentos para a Construção Civil, Lda. assegura a constância das condições de produção que permitem a aposição da Marcação CE ao produto, nomeadamente através de um adequado controlo interno da produção, sintetizado na secção 3;
- o campo de aplicação dos revestimentos respeita as regras descritas na secção 2;
- a execução em obra e a manutenção dos revestimentos respeitam as regras descritas, respectivamente, nas secções 5 e 6.

O presente Documento de Aplicação considera-se válido até 31 de Dezembro de 2008, podendo ser renovado mediante solicitação atempada ao LNEC.

O LNEC reserva-se, no entanto, o direito de proceder à suspensão deste Documento de Aplicação perante qualquer facto que ponha em dúvida a constância da qualidade do produto DECORABATE.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Dezembro de 2005.

A DIRECÇÃO



Carlos Matias Ramos
Presidente do LNEC

PERFORMANCE ET DURABILITÉ



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Fonction	Exigence fonctionnelle	Caractéristique	Spécification	Base
Imperméabilisation et protection	Resistance mécanique	Resistance à la compression R_c (N/mm ²)	Classes: CS I: 0,4 a 2,5 CS II: 1,5 a 5,0 CS III: 3,5 a 7,5 CS IV: ≥ 6	EN 998-1 [12]
	Imperméabilisation en zone non-fissuré	Coefficient de capillarité C (kg/m ² .min 0,5)	Classes: w0: sans exigence w1: $C \leq 0,40$ w2: $C \leq 0,20$	
		Perméabilité à l'eau sous pression P (ml/cm ²)	$P \leq 1$ après 48 h	
	Susceptibilité à la fissuration	Module d'élasticité dynamique E (MPa)	$E \leq 10\,000$	Exigences complémentaires du LNEC
		Retrait	Sans exigence (preference modéré)	
		Résistance à la traction	Sans exigence (preference moyenne)	
		Rétention d'eau	Sans exigence (preference haute) (condicione les soind de cure)	
		Éssai de retrait restraint	Susceptibilité moyenne ou faible	
	Perméabilité à la vapeur d'eau	Couche d'air de diffusion équivalente a 0,10 m de mortier S_d (m)	$S_d \leq 0,15$ m	

PERFORMANCE ET DURABILITÉ



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Fonction	Exigence fonctionnelle	Caractéristique	Spécification	Base
Durabilité	Adérence au support	Resistance à l'arrachement (pull-off)	≥ 0,3 MPa ou rupture coesive	Exigences complémentaires du LNEC
	Compatibilité avec le support	Resistance aux cycles climatiques chaleur-pluie et pluie-glace	Sem degradação visível	
		Perméabilité sous pression et adhérence après cycles climatiques	Sem redução significativa após ciclos ou verificação das exigências estabelecidas para os produtos não sujeitos a ciclos, ou	
Adequabilidade à l'usage	Regularization	Observation	Boa capacidade de regularização	
	Aspect esthétique	Susceptibilité à la fissuration	<i>Voire avant</i>	
		Homogénéité de texture et couleur	Sans exigence (préférence bonne principalement au cas des monocouches)	

Matériaux

Liants:

- Terre / argile
- Chaux
- Plâtre
- Chaux hydraulique
- Ciment

Granulats:

- Sable

Additifs

- Pouzollanes
- Fibres



Chaux Aérienne:

Obtenu par calcination a températures de 800 - 1000 °C de roches carbonatées: calcaire ou dolomite:

- Chaux vive: $\text{CaCO}_3 + \text{chaleur} \longrightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
- Hidratation: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{chaleur}$
- Durcissement: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (entre 50% HR et 85% HR)



© LNEC 2006



Chaux hydratée:

Vantages:

- Déformabilité
- Absence de sels solubles
- Basse température de calcination
- Consommation de CO₂
- Flexibilité et diversité de finitions

Désavantages:

- Durcissement lent
- Susceptibilité à l'eau (modérée)



Liants hydrauliques (aluminates et silicates):

- Pouzzolanes naturelles (produits volcaniques riches en alumine et silice amorphes réactives) en combinaison avec de la chaux
- Poudre céramique et autres pouzzolanes artificielles (metacaulin, silice-fume, cendre volante) en combinaison avec de la chaux
- Chaux hydrauliques (mixes de calcaire et argile – 1100-1200°C → C2S)
- Cimento (mixes de calcaire et argile > 1450°C → C3S)



Liants hydrauliques (aluminates et silicates):

Vantages:

- Durcissement rapide
- Durcissement sous l'eau
- Haute résistance

Désavantages:

- Haut module d'élasticité
- Fissuration
- Sels solubles



Plâtre:

Le plâtre naturel est une roche cristalline composé essentiellement par sulfat calcique bi-hidraté ($\text{Ca SO}_4 2\text{H}_2\text{O}$).

Le plâtre de construction (liant de mortiers pour revêtements intérieurs de mur) est obtenu par calcination à températures $130^\circ\text{C} - 170^\circ\text{C}$ de la roche plâtre naturel et est composé essentiellement par sulfat calcique hémihidraté:



Le plâtre est employé aussi sous la forme anidre, comme anidrite (Ca SO_4) pour travaux spéciaux exigeant plus de résistance.

Le durcissement survient par hydratation, avec réconstitution du sulfat calcique bi-hidraté.

Plâtre:

Avantages:

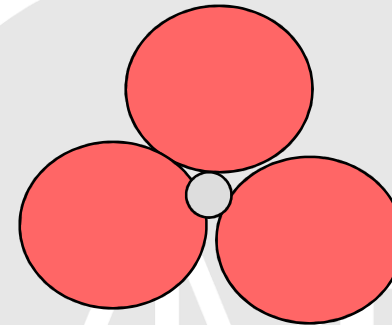
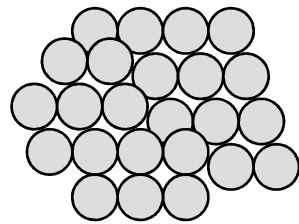
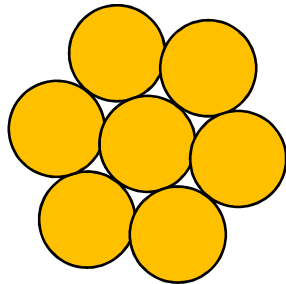
- Basse temp. calcination (140° C)
- Dureté superficielle
- Higroscopicité
- Finition
- Moulage / décoration



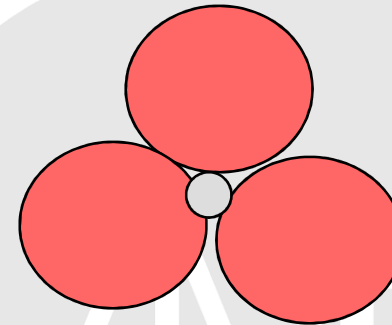
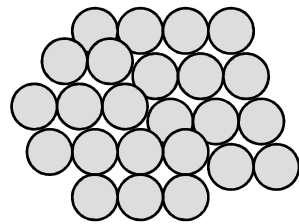
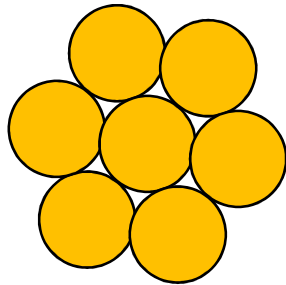
Désavantages:

- Haute susceptibilité à l'eau





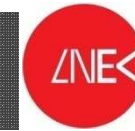
- Sables monogranulaires – indice de vides plus grand – besoin de plus de liant
- Curve granulométrique plus complete assure une meilleure compacité
- Granulat plus fin – indice de vides plus grand – besoin de plus de liant
- Volume de vides minimum pour des agrégats sphériques: $1/3$



- Nature: sílice, calcaire, basalte, ceramique
- Granulometrie: fine, moyenne, grosse, monogranulaire, complete
- Forme: arrondie, angulaire

Différentes caractéristiques
aux mortiers

MAT. LOCAUX ET ÉNERGIE GRISE



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Fracções 0,15 a 0,630; 0,630 a 1,25; 1,25 a 2,5; 2,5 a 5 mm

Composition: prop. volumétriques liant : granulat	Caractéristiques – range de valeurs (indicatif)		
	Resistance à la compression (MPa)	Módulo d'élasticité dynamique par fréquence de resonance (MPa)	Coefficient de capillarité (kg/m ² .min ^{1/2})
Chaux aérienne : sable (1:3)	0,2 – 0,8	2300 – 4100	1,1-1,6
Chaux aérienne + pouzolane : sable (1:2 to 1:3)	0,5 – 0,3	2500-4500	1,3-2,3
Chaux aérienne + chaux hydraulique : sable (1:2 à 1:3)	0,4-1,0	1600-5600	1,2-1,9
Chaux hydraulique : sable (1:2 to 1:3)	0,6-3,1	1100-7500	1,0-2,4
Chaux + ciment : sable (1:3)	0,9-5,1	3000-6500	1,0-2,0
Ciment (1:4)	3,1-6,9	5530-9810	0,7-1,9

La **réduction de l'énergie grise** peut se faire par plusieurs voies:

- Utilisation de matériaux extraits ou produits proches du lieu d'usage, minimisant les distances de transport.
- Substitution partielle ou totale du ciment par un liant de plus basse température de calcination, comme la chaux (aéreuse: 900 °C ou hydraulique: 1000-1200 °C) ou mélanges de chaux avec produits pouzolaniques (metacaulin: 600-800 °C).
- Substitution de granulats naturels ou de ciment par résidus.



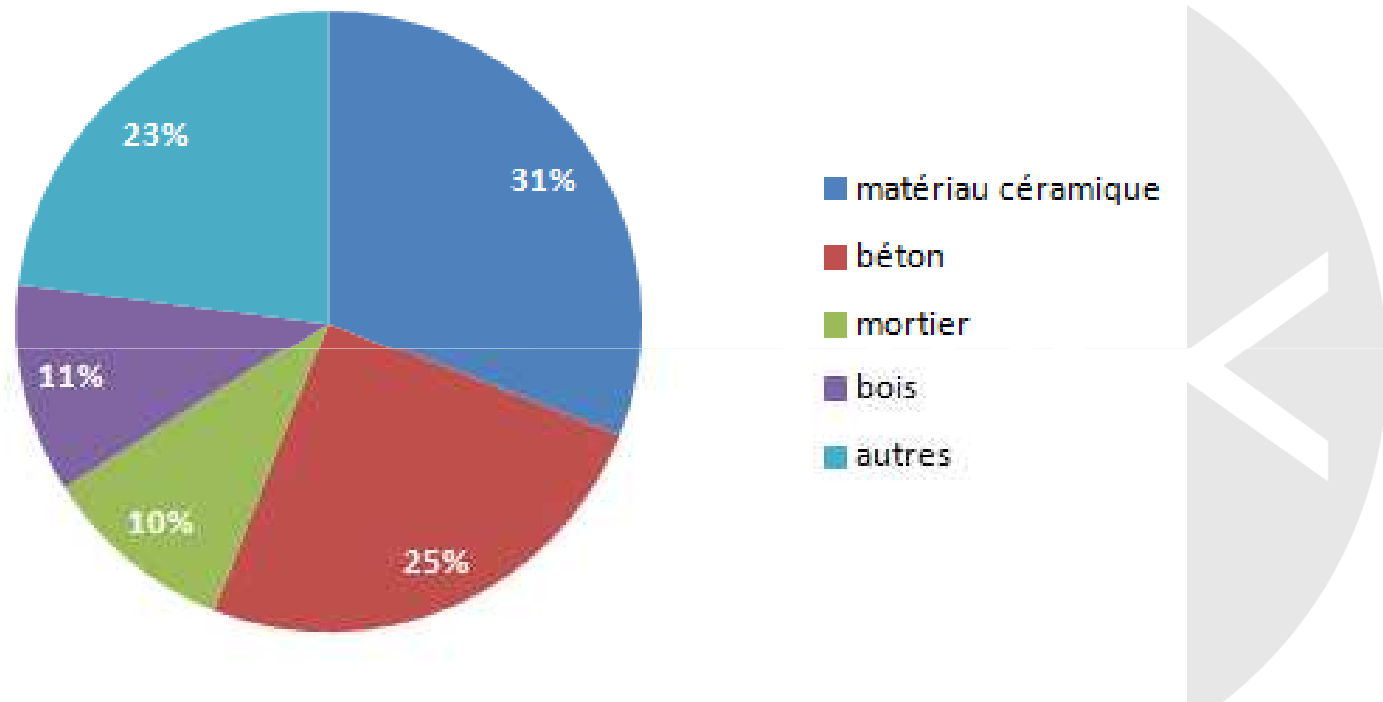
L'usage des résidus industriels a des avantages potentiels:

- Réduction du matériel déposé en terrassement
- Réduction de la consommation de recours naturels (par exemple du sable)
- Réduction du ciment
- **Profit des potentialités spécifiques de chaque résidu pour l'amélioration des caractéristiques des mortiers.**

Quelques effets potentiels de résidus qu'il faut rechercher à chaque cas:

- Effet filer
- Effet pouzzolanique
- Effet fibre
- Augmentation de la déformabilité et de l'énergie de rupture
- Amélioration de la résistance aux chocs

- La substitution de constituants et incorporation d'additions, en sécurité, impliquent une analyse de son **influence sur les caractéristiques du produit finale** et l'étude des **teneurs et conditions de substitution et d'incorporation**.
- Plusieurs études de recherches sur l'incorporation de residus de diverses industries en mortiers sont developés à LNEC ensemble avec IST **avec des étudiants et des jeunes chercheurs**.
- On peut profiter des effets positifs des résidus.
- Les effets négatifs sont quelquefois peu significatifs jusqu'à certains dosages.



Composition moyenne des résidus de démolition (Gonçalves, 2007)

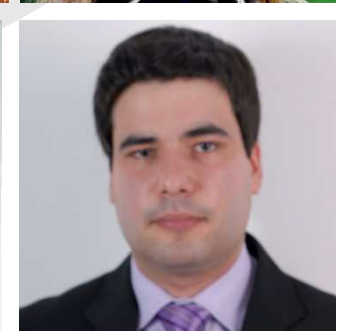
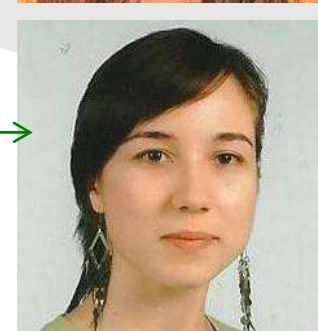
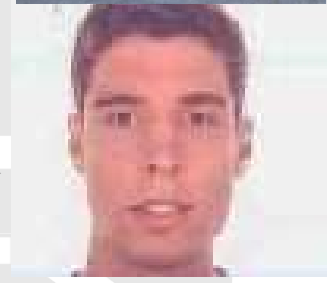
Les études ont embrassé les résidus suivants:

- Poudre céramique
- Trituration du béton
- Pneumatique
- Verre

En mortier de ciment:

- Comme substitution de part du granulat, sans variation de la granulométrie,
- Comme additive filer.

On a étudié la performance et la durabilité des mortiers résultants et on a identifié les caractéristiques améliorées avec chaque type de résidu et on a évalué la viabilité de réduire la teneur de ciment.



On développe aussi des études pour évaluer la viabilité, performance et durabilité de mortiers d'enduits avec incorporation de

- **Boues de carrières** (industrie de transformation de marbles et de calcaires) – através la substitution de plusieurs pourcentages de sable
- **Résidus de cellulose (de la fabrication du papier) - aditive**



Ressources locales à fort potentiel pour l'utilisation dans les revêtements



João Silva (2006)

Résidu céramique

L'étude a été développée en trois axes de recherches:

- 1) Incorporation de fins – **effet filer** (mortier plus compact) par le remplissage des vides du mortier conventionnel;
- 2) Réduction de la teneur de ciment – **effet pouzzolanique des fins céramiques**, permettant la réduction de la teneur en liant (ciment);
- 3) **Intégration des résidus industriels ou de démolition de construction (RCD)** – recyclage comme priorité dès que des caractéristiques acceptables soient garanties aux mortiers avec granulats recyclés en substitution de part du sable.



GESTION DES DÉCHETS



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

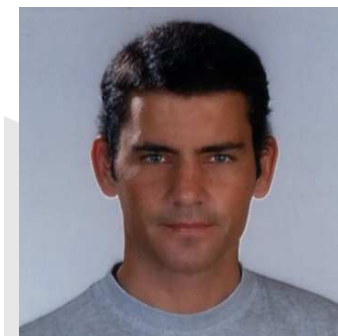
João Silva (2006)

Effets de l'incorporation des déchets d'argile rouge dans les mortiers à base de ciment

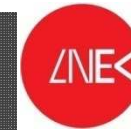
Propriétés	Augmentation du taux de substitution	Réduction de la quantité du ciment avec le increment de dosage	Integration de RCD
Maniabilité	→	→	→
Densité (frais)	→	→	↓
Densité (état durci)	→	→	↓
Résistance à la compression (28 jours)	↑	↓	↑
Résistance à la flexion (28 jours)	↑	↓	↑
Absorption d'eau par capillarité	↓	↓	↓
La rétention d'eau	↗	↗	↗
Rétraction (80 jours)	↗	↗	↗
l'adhérence au substrat	↑	↗	↗
Module d'élasticité (5 mois)	↗	↓	↓
Perméabilité à la vapeur d'eau	↓	↑	↑

Légende

→	des variations de moins de 5%	↘	Diminuer entre 5% et 20% avec des effets positifs
↗	incréments entre 5% et 20% avec des effets positifs	↘	Diminuer entre 5% et 20% avec des effets néfastes
↗	incréments entre 5% et 20% avec des effets néfastes	↘	Diminuer de plus de 20% avec des effets positifs
↑	des hausses supérieurs à 20% avec des effets positifs	↓	Diminuer de plus de 20% avec des effets néfastes
↑	des hausses supérieurs à 20% avec des effets néfastes	●	peu concluant

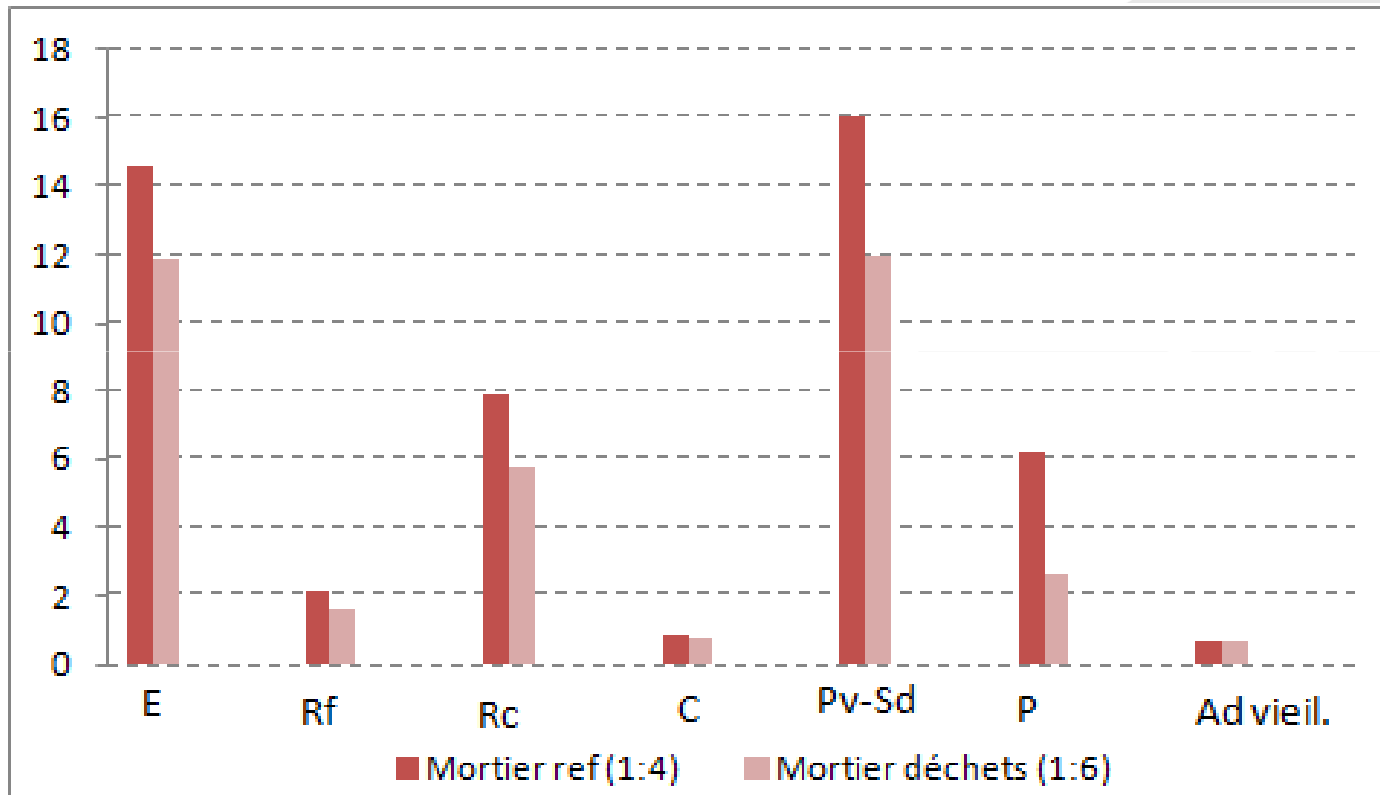


GESTION DES DÉCHETS



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

João Silva (2006)



João Silva (2006)

En général toutes les variantes de modifications étudiés résultent en mortiers de performance similaire ou meilleur par rapport aux mortiers conventionels (sans résidus).

La performance dépend de la teneur de granulats recyclé additionné.



João Silva (2006)

- [1] Silva, João – Incorporação de resíduos de barro vermelho em argamassas cimentícias. Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2006.
- [2] Silva, João; Brito, Jorge de; Veiga, M. Rosário – Partial replacement of cement with fine ceramics in rendering mortars. *Materials and Structures*, V. 41, n.º 8, Paris, 2008, pp. 1333-1344.
- [3] Silva, João; Brito, Jorge; Veiga, M. Rosário – Incorporation of fine ceramics in mortars. *Const. and Building Materials* 23 (2009), vol. 23, 2009, pp. 556-564.
- [4] Silva, J., de Brito, J., Veiga, R. – Recycled red-clay ceramic construction and demolition waste for mortars production (2010) *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22 (3), art. no. 005003QMT, pp. 236-244. Silva, J.; Brito, J. de;
- [5] Silva, J.; Brito, J. de; Veiga, R. – Argamassas com Incorporação de Agregados Reciclados Cerâmicos - Avaliação do Seu Desempenho Mecânico, *Concreto & Construções*, Ano XXXV, n.º 49, IBRACON, Brasil, Janeiro / Março de 2008, pp. 73-84.

Catarina Neno e Mariana Braga (2010)

RCD béton – granulats et fins

Deux études ont été faites sur l'incorporation en mortiers de résidus de béton résultants de la trituration de blocs de béton (class C30/37):

- Granulats de substitution partiel sans changement de la curve granulométrique
- Granulats très fins comme aditive



Catarina Neno (2010)

RCD béton - granulats

Des résidus de béton ont été utilisés en substitution du sable naturel, sans altération de la curve granulométrique.

Deux vertentes ont été étudiées:

- Des mortiers avec taux de substitution de 20%, 50% et 100% du volume de sable naturel par granulats recyclés de béton.
- Un mortier de référence sand recyclés.

Première phase: résistance à la compression et à la flexion; absorption d'eau par capillarité; séchage; susceptibilité à la fissuration.

Deuxième phase: rétention d'eau; retrait; adhérence au support; module d'élasticité; et perméabilité au vapeur d'eau.



Catarina Neno (2010)

RCD béton - granulats

Propriétés		Effets de l'incorporation de granulats fins recyclés pour béton dans les mortiers
		<i>Augmentation du taux de substitution</i>
	Maniabilité	→
	Densité (frais)	↘
	Densité (état durci)	↘
	Résistance à la compression (28 jours)	↑
	Résistance à la flexion (28 jours)	↑
	Absorption d'eau par capillarité	→
	La rétention d'eau	↑
	Rétraction	↘
	l'adhérence au substrat	↘
	Module d'élasticité	↘
	Perméabilité à la vapeur d'eau	→
	Rétraction limitée / résistance à la traction (susceptibilité)	↗

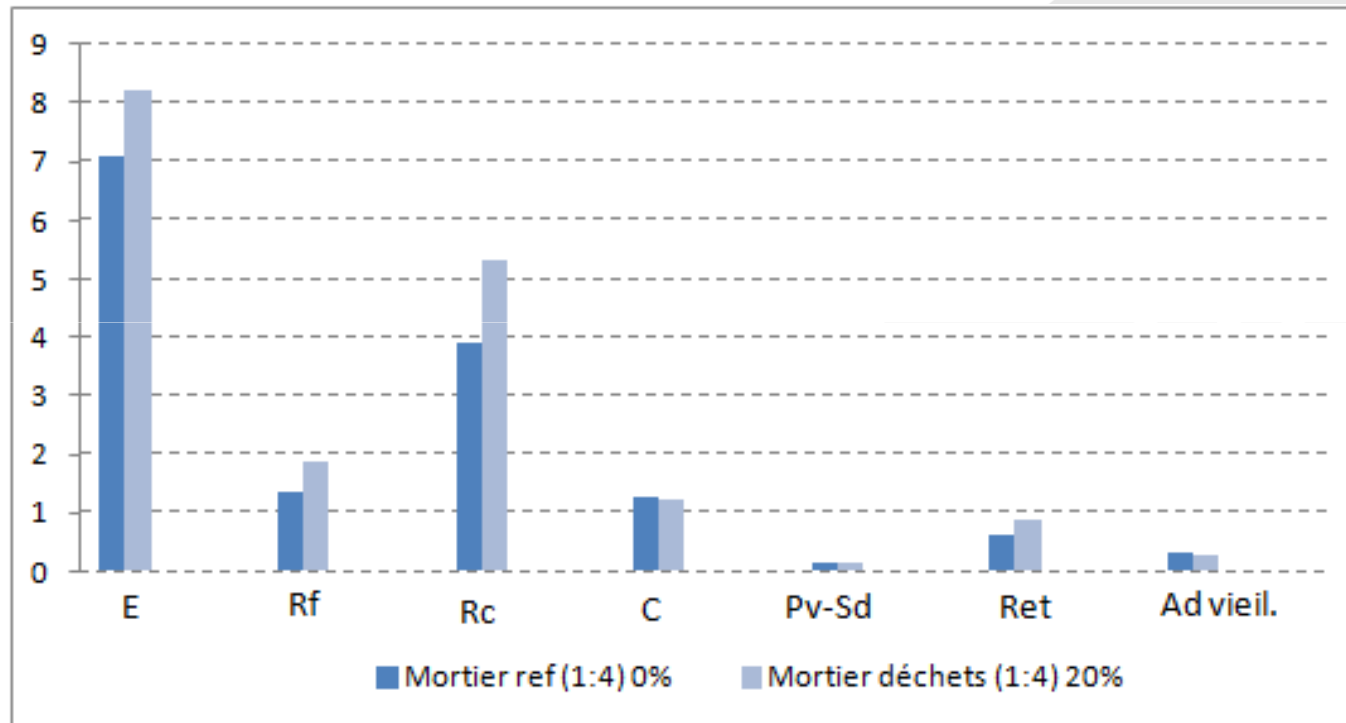


Légende

→	des variations de moins de 5%	↘	Diminuer entre 5% et 20% avec des effets positifs
↗	incréments entre 5% et 20% avec des effets positifs	↘	Diminuer entre 5% et 20% avec des effets néfastes
↗	incréments entre 5% et 20% avec des effets néfastes	↘	Diminuer de plus de 20% avec des effets positifs
↑	des hausses supérieurs à 20% avec des effets positifs	↓	Diminuer de plus de 20% avec des effets néfastes
↑	des hausses supérieurs à 20% avec des effets néfastes	●	peu concluant

Catarina Neno (2010)

RCD béton - granulats



Catarina Neno (2010)

RCD béton - granulats

[6] Neno, Catarina – Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos provenientes da trituração do betão. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, dezembro de 2010.

[7] Neno, C.; Brito, J. de; Veiga, R. – Using Fine Recycled Concrete Aggregates for Mortar Production, KSCE Journal of Civil Engineering (submetido para publicação).

Mariana Braga (2010)

RCD béton - fins

La fraction plus fine des granulats recyclés de béton ont été incorporé en mortiers d'enduit en deux vertentes:

- **Incorporation des fins** – avec l'objectif d'améliorer la performance du mortier par le remplissage des vides (**effet fíler**)
- **Reduction de la teneur en ciment** – avec l'objectif d'évaluer les éventuels caractéristiques de **liant** des fins de béton.

Les propriétés plus importantes des mortiers ont été comparées: résistance mécanique; comportement à l'eau; susceptibilité à la fissuration; etc.



Mariana Braga (2010)

RCD béton - fins

Effets de l'incorporation des de granulats fins recyclés pour trituration du béton dans les mortiers

Propriétés	Effets de l'incorporation des de granulats fins recyclés pour trituration du béton dans les mortiers	
	Augmentation du taux de substitution	Réduction de la quantité du ciment avec le increment de dosage
Maniabilité	→	→
Densité (frais)	→	→
Densité (état durci)	→	→
Résistance à la compression (28 jours)	↑	↓
Résistance à la flexion (28 jours)	↑	↓
Absorption d'eau par capillarité	↓	↘
La rétention d'eau	↗	→
Rétraction	↑	↑
l'adhérence au substrat	↑	↘
Module d'élasticité	↑	↓
Perméabilité à la vapeur d'eau	↘	↑
Rétraction limitée / résistance à la traction (susceptibilité)	↘	↘

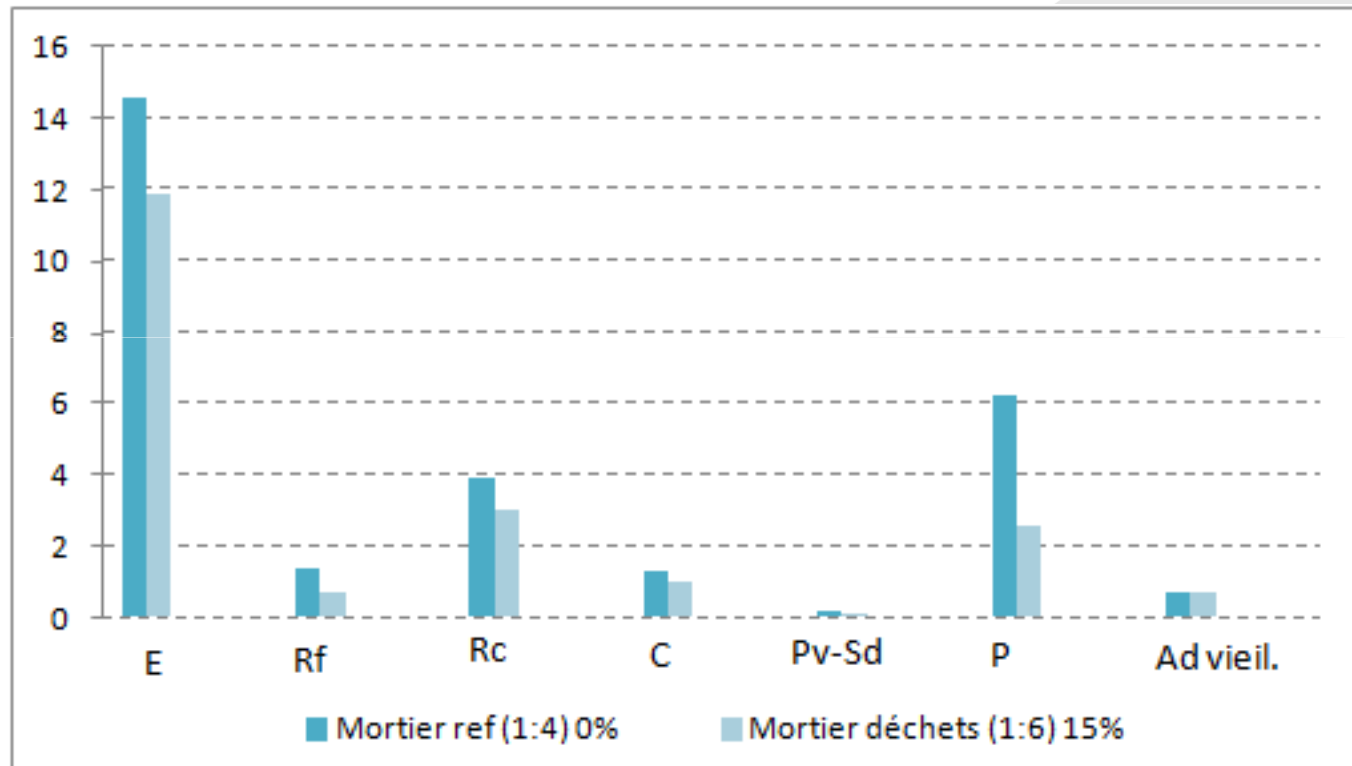


Légende

→	des variations de moins de 5%	↘	Diminuer entre 5% et 20% avec des effets positifs
↗	incréments entre 5% et 20% avec des effets positifs	↘	Diminuer entre 5% et 20% avec des effets néfastes
↘	incréments entre 5% et 20% avec des effets néfastes	↘	Diminuer de plus de 20% avec des effets positifs
↑	des hausses supérieurs à 20% avec des effets positifs	↓	Diminuer de plus de 20% avec des effets néfastes
↑	des hausses supérieurs à 20% avec des effets néfastes	●	peu concluant

Mariana Braga (2010)

RCD béton - fins



Mariana Braga (2010)

RCD béton - fins

[8] Braga, Mariana – Desempenho de argamassas com agregados finos provenientes da trituração do betão. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, novembro de 2010.

[9] Mariana Braga; Jorge de Brito; and Rosário Veiga – Incorporation of fine concrete aggregates in mortars. *Construction and Building Materials*, V. 36, Elsevier, UK, Novembro de 2012, pp. 960-968.

[10] Braga, M.; Brito, J. de; Veiga, R. – Reduction of the Cement Content in Mortars Made with Fine Concrete Aggregates, *Materials and Structures*, International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures. (submetido para publicação)

[11] Braga, M.; Brito, J. de; Veiga, R. – Redução do Teor de Cimento em Argamassas com Agregados Finos de Betões Incorporados, *Engenharia Civil*, n.º 41, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Guimarães, Setembro de 2011, pp. 5-20.

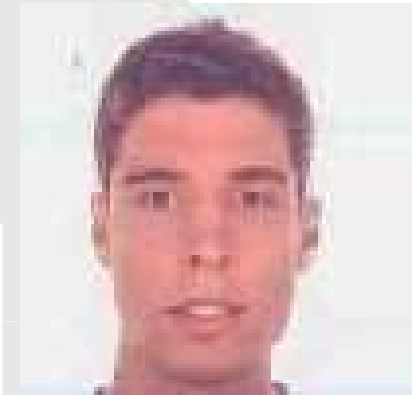
[12] Braga, M.; Brito, J. de; Veiga, R. – Incorporação de Agregados Finos de Betões em Argamassas, *Mecânica Experimental*, Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões, Lisboa . (submetido para publicação)

Diogo Pedro (2011)

Résidus de pneumatiques

Les caractéristiques des mortiers de ciment avec incorporation de granulats de caoutchouc ont été évalués.

Des taux de substitution de **5%, 10% et 15%** de granulats naturels par granulats de caoutchouc de pneumatiques ont été essayés:



Diogo Pedro (2011)

Résidus de pneumatiques

Propriétés		Effets de l'incorporation des de granulats fins provenant du broyage de pneus dans les mortiers
		<i>Augmentation du taux de substitution</i>
	Maniabilité	→
	Densité (frais)	↘
	Densité (état durci)	↘
	Résistance à la compression (28 jours)	↓
	Résistance à la flexion (28 jours)	↘
	Absorption d'eau par capillarité	↗
	Rétraction	↑
	l'adhérence au substrat	↓
	Module d'élasticité	↓
	Perméabilité à la vapeur d'eau	↑
	Rétraction limitée / résistance à la traction (susceptibilité)	●

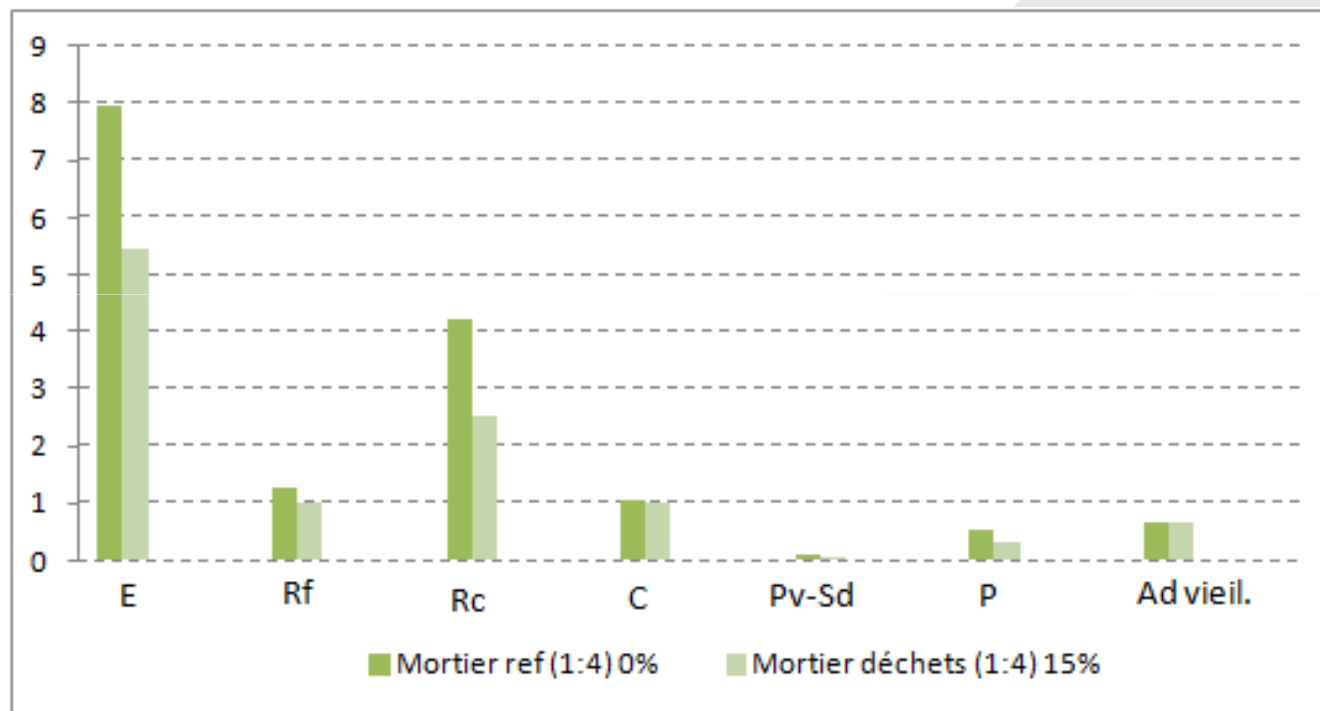


Légende

→	des variations de moins de 5%	↘	Diminuer entre 5% et 20% avec des effets positifs
↗	incréments entre 5% et 20% avec des effets positifs	↘	Diminuer entre 5% et 20% avec des effets néfastes
↗	incréments entre 5% et 20% avec des effets néfastes	↘	Diminuer de plus de 20% avec des effets positifs
↑	des hausses supérieurs à 20% avec des effets positifs	↓	Diminuer de plus de 20% avec des effets néfastes
↑	des hausses supérieurs à 20% avec des effets néfastes	●	peu concluant

Diogo Pedro (2011)

Résidus de pneumatiques



Diogo Pedro (2011)

Résidus de pneumatiques

Les mortiers avec incorporation de residus de granulats de caoutchouc présentent

- pires résultats de résistance à la compression et à la flexion par rapport aux mortiers conventionnels

Mais ils ont d'autres bénéfices, comme:

- La réduction du module d'élasticité avec possible amélioremnt du comportement à la fissuration
- Et l'améliorement de la performance au choc par l'incrément de la capacité d'absorption de l'énergie d'impact.



Diogo Pedro (2011)

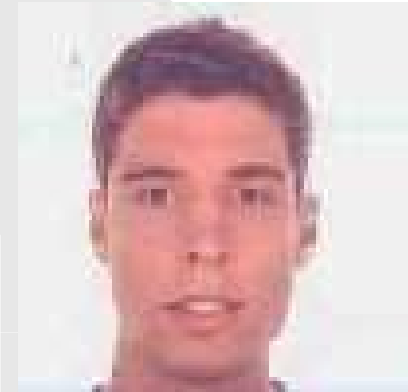
Résidus de pneumatiques

[13] Pedro, Diogo – Desempenho de argamassas fabricadas com incorporação de materiais finos provenientes da trituração de pneus. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, setembro de 2011.

[14] Pedro, D.; de Brito, J.; Veiga, R. – Mortars made with fine granulate from shredded tires. ASCE's Journal of Materials in Civil Engineering, 2012 (em impressão).

[15] Pedro, D.; Brito, J. de; Veiga, R. – Argamassas Fabricadas com Materiais Finos Provenientes da Trituração de Pneus, Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.º 12, Brasil, Maio de 2012, pp. 63-76.

[16] Pedro, D.; Veiga, R.; Brito, J. de: - Desempenho de Argamassas Fabricadas com Incorporação de Materiais Finos Provenientes da Trituração de Pneus, 4º Congresso Português de Argamassas e ETICS, APFAC, Coimbra, Março de 2012.



Conclusions

Les bons résultats obtenus aux travaux réalisés montrent qu'**il est possible incorporer des résidus industriels ou des RCD en mortiers de ciment** pour enduits de mur.

Les solutions préférables sont celles que permettent maintenir des conditions de **satisfaction d'exigences** pour l'usage prévu et, en même temps, **incorporer des pourcentages de résidus** si hautes que possible.

La **réduction de la teneur en ciment** est un avantage important additionnel en quelques cas, qui doit être considéré quand il y a un incrément de la résistance mécanique et une amélioration de la maniabilité avec le dosage conventionnel.

Conclusions

L'incorporation de résidus en mortiers à fonctions non-structurels, en particulier par enduits de mur, a des avantages environnementales.

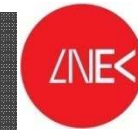
Mais il ya aussi des **avantages techniques** possibles a chaque cas:

Les résidus avec un fonctionnement **filtrer et, encore plus, ceux avec réactivité pouzolanique**, améliorent les caractéristiques mécaniques, en permettant l'usage en conditions de plus haute exigence, ou, en alternative, la **réduction de la teneur en ciment**.

Les résidus de **haute déformabilité**, comme le caoutchouc, peuvent **améliorer la performance au choc et éventuellement à la fissuration**, sans préjudice significative de la résistance mécanique.

Autres résidus avec intérêt potentiel seront ceux qui peuvent fonctionner comme **fibres**, améliorant la résistance à la fissuration et la résistance au choc

CONCLUSIONS



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



© LNEC 2006

Merci pour votre attention!

LNEC

Escalère Tunisine