



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE MATERIAIS
Núcleo de Materiais Metálicos/

0204/14/16587

RELATÓRIO FINAL DE ACTIVIDADE NO PROJECTO FCT EXREACT
DA BOLSEIRA DE INVESTIGAÇÃO LINA MATOS

LISBOA • Julho de 2011

OAC & T MATERIAIS

NOTA TÉCNICA 46/2011 - DM

**RELATÓRIO FINAL DE ACTIVIDADE NO PROJECTO FCT EXREACT
DA BOLSEIRA DE INVESTIGAÇÃO LINA MATOS**

**FINAL ACTIVITY REPORT IN FCT PROJECT EXREACT
OF THE RESERCH TRAINEE LINA MATOS**

**RAPPORT FINAL D'ACTIVITÉ DANS LE PROJET FCT EXREACT
DE LA BOURSIÈRE DE RECHERCHE LINA MATOS**

Procº 0204/14/16587

RELATÓRIO FINAL DE ACTIVIDADE NO PROJECTO FCT EXREACT DA BOLSEIRA DE INVESTIGAÇÃO LINA MATOS

ÍNDICE DO TEXTO

ÍNDICE DO TEXTO

	Pág.
1 – INTRODUÇÃO	1
2 – ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS	1
2.1 – Tarefa 1 – Levantamento e caracterização de materiais naturais e subprodutos industriais com características pozolânicas.	1
2.2 – Tarefa 2 – Metodologias para o diagnóstico e prognóstico de reacções expansivas internas em estruturas de betão	2
2.3 – Tarefa 3 – Formulação e caracterização de composições de betão.....	3
2.4 – Tarefa 4 – Estudo experimental das composições de betão.....	5
2.5 – Tarefa 6 – Elaboração de guias e recomendações para o diagnóstico, prognóstico e mitigação das reacções expansivas internas no betão.....	7
2.6 – Tarefa 7 – Construção de uma página <i>web</i> técnica e educativa.....	7
2.6 – Tarefa 8 – Organização de um Workshop	8
3 – PUBLICAÇÕES.....	9

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 – Provetes do ensaio em barra de argamassa segundo a norma ASTM C 1260.	3
Figura 2 – Preparação dos provetes: a) enchimento dos moldes cilíndricos; b) vibração final do betão; c) aspecto do betão depois de vibrado, segundo o método de LPC nº 59.	4
Figura 3 – Preparação e ensaio em prismas de betão segundo as normas AAR-3 e AAR-4.....	4
Figura 4 – <i>Layout</i> das especificações LNEC para ensaios de reactividade aos álcalis (em fase de revisão).	5
Figura 5 – Etapas da caracterização microestrutural: a) corte de amostras; b) polimento de	

lâminas delgadas; c) observação ao microscópio óptico; d) microscópio electrónico; e) amostras de superfície de fractura, superfície polida e lâmina delgada.	6
Figura 6 – Difractómetro de raios X PHILIPS X'Pert utilizado na determinação da composição mineralógica dos betões.	6
Figura 7 – Sistema de análise térmica SETARAM TGA92 utilizado para a determinação do teor de Ca(OH) ₂	6
Figura 8 – <i>Layout</i> da página <i>Web</i>	8

RELATÓRIO FINAL DE ACTIVIDADE NO PROJECTO FCT EXREACT DA BOLSEIRA DE INVESTIGAÇÃO LINA MATOS

1 – INTRODUÇÃO

No âmbito do Projecto EXREACT – Mitigação de reacções deletérias expansivas internas em estruturas de betão – PTDC/CTM/65243/2006, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), em que além do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) participam as Universidades de Aveiro (UA), de Évora (UE) e do Minho (UM), a Bolseira de Investigação Lina Manuela Pereira de Matos estudou patologias de diferentes composições de betão associadas às reacções expansivas internas, com o objectivo de avaliar a eficácia de produtos naturais e artificiais de origem nacional na mitigação deste tipo de patologia. Desenvolveu o aperfeiçoamento de metodologias de diagnóstico e prognóstico da ocorrência deste tipo de reacções em estruturas de betão em obras já existentes. Iniciou ainda um estudo de agregados a aplicar em betão no sentido de verificar a reactividade aos álcalis de alguns agregados nacionais.

Neste relatório são descritas as actividades realizadas pela Bolseira nas tarefas do Projeto, as quais deram origem a várias publicações cuja listagem é apresentada no capítulo Publicações.

2 – ACTIVIDADES DESENVOLVIDAS

2.1 – Tarefa 1 – Levantamento e caracterização de materiais naturais e subprodutos industriais com características pozolânicas.

Na tarefa 1, referente ao levantamento e caracterização de materiais naturais e subprodutos industriais potencialmente pozolânicos, a Bolseira participou na recolha e compilação de informação e bibliografia existente, incluindo a disponibilizada pelas várias instituições participantes, onde se sistematizaram os dados relevantes para a selecção dos diferentes materiais, com particular realce para os aspectos relacionados com a disponibilidade de material e a sua reactividade pozolânica. Esta sistematização serviu de suporte à elaboração dum relatório que apresentará o estado da arte sobre esta temática, (*State-of-art – Adições minerais*

para mitigação de reacções expansivas no betão) e que se encontra actualmente em fase de publicação.

Ainda no âmbito desta tarefa, a Bolseira colaborou no levantamento, selecção, recolha e preparação das amostras para os ensaios de caracterização (químicos, físicos, microestruturais e mineralógicos). Neste campo foram seleccionados três novos materiais, pozolanas dos Açores, diatomito e cinzas de biomassa, a fim de verificar as suas potencialidades como material pozolânico. Estes materiais foram caracterizados recorrendo a técnicas de caracterização química (FRX), térmica (ATG/DTG), mineralógica (DRX) e física (índice de actividade, massa volúmica, superfície específica Blaine, superfície específica BET, granulometria), de modo a averiguar o seu grau de pozolanicidade e a possibilidade de serem empregues como adição mineral no betão. Além destes três materiais inicialmente seleccionados, foi ainda estudado um outro resíduo com relativa importância no nosso país, as lamas residuais da extracção de minério da Mina da Panasqueira.

2.2 – Tarefa 2 – Metodologias para o diagnóstico e prognóstico de reacções expansivas internas em estruturas de betão

A metodologia de diagnóstico que tem sido proposta baseia-se numa avaliação que tem em conta, simultaneamente, aspectos microscópicos, próprios do material, e macroscópicos, ligados ao tipo de estrutura e ao grau de exposição (ciclos humedificação-secagem, imersão permanente, etc.). Para o diagnóstico são realizadas análises petrográficas e microestruturais, bem como ensaios químicos de amostras de carotes retiradas das estruturas em estudo.

No âmbito desta tarefa a Bolseira participou em estudos de diagnóstico e prognóstico de casos de estruturas de betão nacionais em suspeita de se encontrarem afectadas por reacções expansivas internas, nomeadamente a ponte sobre o rio Borralha (Concelho de Montalegre, Distrito de Vila Real) e as pontes sobre o rio Criz (Aguieira, Concelho de Nelas), em que estão envolvidos agregados de diferente origem e mineralogia. A Bolseira realizou o estudo petrográfico através da preparação e observação das amostras de betão ao microscópio óptico, bem como a análise por difracção de raios X (DRX), e colaborou na análise microestrutural, na preparação de superfícies de fractura e na observação ao microscópio electrónico de varrimento, apoiando também a caracterização química dessas amostras, através dos ensaios específicos. Os resultados destes e outros estudos foram analisados e compilados dando origem à elaboração de guias metodológicos para o diagnóstico e prognóstico destas reacções em estruturas de betão.

2.3 – Tarefa 3 – Formulação e caracterização de composições de betão

Nesta etapa foram seleccionados diversos tipos de agregados com o intuito de escolher e caracterizar agregados reactivos e não reactivos para que pudessem ser empregues em ensaios de referência. Após formuladas e ensaiadas diferentes composições, de acordo com os ensaios de reactividade aos álcalis para betão (LNEC E461), seleccionou-se um agregado nacional de alta reactividade aos álcalis, que foi empregue como agregado de referência nos ensaios com diferentes tipos de adições minerais – figura 1. A Bolseira acompanhou os ensaios onde foram testados os diferentes agregados bem como as adições minerais empregues, nomeadamente, lamas de resíduos de minas, diatomito, pozolanas dos Açores, cinzas de biomassa, e as adições que já haviam sido utilizadas em anteriores estudos, como a sílica de fumo, metacaulino e cinzas volantes, em diferentes percentagens de substituição.



Figura 1 – Provetes do ensaio em barra de argamassa segundo a norma ASTM C 1260.

Foram também formuladas e ensaiadas 3 composições, segundo o ensaio de reactividade aos sulfatos internos (LPC nº 59), com diferentes tipos de cimento (CEM I 42,5R; CEM II A-L 42,5R; CEM I 52,5R) com o objectivo de obter informação sobre a influência dos teores de álcalis, sulfatos e aluminatos nesta reacção expansiva interna. A Bolseira participou na realização dessas composições e realizou os estudos petrográficos, mineralógicos e microestruturais de amostras retiradas a diferentes idades – figura 2.



Figura 2 – Preparação dos provetes: a) enchimento dos moldes cilíndricos; b) vibração final do betão; c) aspecto do betão depois de vibrado, segundo o método de LPC nº 59.

Ainda no âmbito desta tarefa e em relação à caracterização de agregados, a Bolseira estudou a reactividade aos álcalis, de diversos tipos de agregados granitóides, nacionais e internacionais, a aplicar em futuras estruturas de betão. Realizou o estudo petrográfico e colaborou nos ensaios de expansibilidade em prismas de betão para a determinação da reactividade potencial aos álcalis dos agregados, adoptando-se para o efeito as normas AAR-3 (TC 106-3) e AAR-4 (TC-ARP/01/20) da RILEM – figura 3. A primeira refere-se a um ensaio lento e a segunda a um ensaio acelerado, a Bolseira participou quer em termos de formulação das composições, quer em termos de acompanhamento da evolução dos ensaios.



Figura 3 – Preparação e ensaio em prismas de betão segundo as normas AAR-3 e AAR-4.

Dado não existirem normas ou especificações nacionais para este tipo de ensaios, colaborou na elaboração de propostas de modos operatórios para cada tipo de ensaio com o objectivo de

poderem vir a ser editados na forma de Especificações LNEC, uma para o ensaio lento e outra para o acelerado – figura 4.

DOCUMENTAÇÃO NORMATIVA		E 000-2010	
ESPECIFICAÇÃO LNEC		CDU	ISSN
Reacção Álcalis-Agregado – Ensaio Lento		CISB	
Determinação da reactividade potencial aos álcalis dos agregados. Método para combinações de agregados usando prismas de betão.			Janeiro 2010
<p>Réaction Álcalis-Granulats Détermination du potentiel de réactivité alcaline des granulats – Méthode pour les combinaisons des granulats, utilisant prismes en béton.</p> <p>Objet Cette Spécification LNEC définit une méthodologie pour évaluer la réactivité alcaline des granulats et établit les mesures pour éviter la réaction expansive alcali-granulats, en utilisant des essais accélérés.</p>		<p>Alkali-Aggregate Reaction Determination of potential alkali-reactivity of aggregates – Method for aggregate combinations using concrete prisms</p> <p>Scope This LNEC Specification defines a methodology for evaluating the reactivity of the aggregates and establishes the measures in order to prevent the alkali-aggregate expansive reaction, using accelerated tests.</p>	
<p>ÍNDICE</p> <p>Préambulo 1</p> <p>1 – Objecto e campo de aplicação 1</p> <p>2 – Princípio 2</p> <p>3 – Equipamento 2</p> <p>3.1 – Módes 2</p> <p>3.2 – Comparador (deflectómetro) 2</p> <p>3.3 – Barra padrão 3</p> <p>3.4 – Acondicionamento dos provetes 3</p> <p>3.5 – Molagem e ambiente de cura 3</p> <p>4 – Materiais 4</p> <p>4.1 – Cimento 4</p> <p>4.2 – Agregados 4</p> <p>4.3 – Molédo de sódio 4</p> <p>5 – Formulação das composições de betão 4</p> <p>6 – Provetes 5</p> <p>7 – Armazenamento e Leituras 5</p> <p>7.1 – Procedimento para a realização da leitura inicial 5</p> <p>7.2 – Procedimento para a realização das leituras seguintes (expansão e peso) 6</p> <p>7.3 – Calendarização das leituras 6</p> <p>8 – Cálculos e relatório de resultados 6</p> <p>9 – Comentário 7</p> <p>10 – Bibliografia 7</p> <p>ANEXOS 7</p> <p>A1.5 – Armazenamento dos provetes 7</p> <p>A1.2 – Agregados 7</p> <p>A1.3 – Cálculo para a determinação da quantidade de NaOH a adicionar à água de amassadura para aumentar a teor de álcalis 7</p> <p>A1.6 – Formulação das composições de betão 8</p>		<p>agregados e os íons hidróxido (OH⁻) e alcalinos (K⁺ e Na⁺) do ligante ou de outros constituintes do betão. Existem basicamente dois tipos de reacções álcalis-agregado:</p> <ul style="list-style-type: none"> - reacções álcalis-sílica e álcalis-silicato, que são as mais frequentes e aparecem em geral englobadas na mesma designação de reacções álcalis-sílica e em que intervêm agregados contendo formas de sílica amorfa ou mal cristalizada e certos minerais silíceos reactivos; - reacções álcalis-carbonato, que envolvem certos calcários dolomíticos. <p>1 – OBJECTO E CAMPO DE APLICAÇÃO</p> <p>A presente especificação define metodologias para avaliar a reactividade dos agregados (provetes e/ou finos) aos álcalis e a possibilidade de as composições de betão serem a desenvolver reacções álcalis-agregado (expansibilidade potencial).</p> <p>O modo operativo inclui a medição do comprimento de prismas de betão, produzidos para o estudo da reacção álcalis-agregado, armazenados em condições de humidade e à temperatura de 50° C, durante 955 dias, no mínimo.</p> <p>Os dados resultantes deste método, em conjunto com as observações do desempenho do betão em campo (quando possível) e com os resultados do exame petrográfico, são a base para a elaboração de</p>	
<p>PRÉAMBULO</p> <p>Designam-se por reacções álcalis-agregado um grupo de reacções entre certos constituintes reactivos dos</p>		<p>ÍNDICE</p> <p>Préambulo 1</p> <p>1 – Objecto e campo de aplicação 2</p> <p>2 – Princípio 2</p> <p>3 – Equipamento 2</p> <p>3.1 – Módes 2</p> <p>3.2 – Comparador (deflectómetro) 2</p> <p>3.3 – Barra padrão 3</p> <p>3.4 – Acondicionamento dos provetes 3</p> <p>3.5 – Molagem e ambiente de cura 4</p> <p>3.6 – Ambiente de medidas e pesagens 4</p> <p>4 – Materiais 4</p> <p>4.1 – Aplicação 1: Método para testar a reactividade potencial aos álcalis de combinações de agregados 4</p> <p>4.1.1 – Cimento Portland 4</p> <p>4.1.2 – Agregados 4</p> <p>4.1.3 – Hidróxido de Sódio 4</p> <p>4.2 – Aplicação 2: Teste de desempenho para avaliar a reactividade aos álcalis de misturas de betão 4</p> <p>4.2.1 – Hidróxido de Sódio 4</p> <p>4.3 – Aplicação 3: Método para determinar o limite crítico de álcalis 5</p> <p>4.3.1 – Limite crítico de álcalis para a combinação de agregados 5</p> <p>4.3.2 – Limite crítico de álcalis para a composição do betão 5</p> <p>5 – Formulação das composições do betão 5</p> <p>6 – Provetes 5</p> <p>7 – Armazenamento e leituras 6</p> <p>7.1 – Procedimento para a realização da leitura inicial 6</p> <p>7.2 – Procedimento para a realização das leituras seguintes (expansão e peso) 6</p> <p>7.3 – Calendarização das leituras 7</p> <p>8 – Cálculos e relatório de resultados 7</p> <p>8.1 Cálculos 7</p>	

Figura 4 – Layout das especificações LNEC para ensaios de reactividade aos álcalis (em fase de revisão).

2.4 – Tarefa 4 – Estudo experimental das composições de betão

Na tarefa 4, referente ao estudo experimental, a Bolseira realizou a caracterização petrográfica e microestrutural através de microscopia óptica e microscopia electrónica de varrimento acoplado à espectroscopia de raios X por dispersão de energias (MEV-EDS), de diferentes composições de betão, quer de formulações para estudo, quer de casos de estruturas já existentes, incluindo as observações e análises das amostras, tratamento dos resultados e a preparação das amostras – figura 5.



Figura 5 – Etapas da caracterização microestrutural: a) corte de amostras; b) polimento de lâminas delgadas; c) observação ao microscópio óptico; d) microscópio electrónico; e) amostras de superfície de fractura, superfície polida e lâmina delgada.

Apoiou ainda os estudos de caracterização química dos betões utilizando diversas técnicas, nomeadamente análise por DRX (de fracções finas e globais), determinação do teor de cimento e potenciometria directa para determinação do teor de cloretos, incluindo a realização de ensaios e a preparação de amostras e o tratamento de alguns resultados obtidos na análise por DRX – figuras 6 e 7.



Figura 6 – Difractómetro de raios X PHILIPS X'Pert utilizado na determinação da composição mineralógica dos betões.

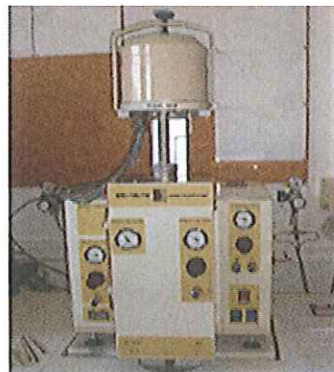


Figura 7 – Sistema de análise térmica SETARAM TGA92 utilizado para a determinação do teor de Ca(OH)_2 .

No âmbito desta tarefa a Bolseira esteve também envolvida na preparação e amassadura de composições de betão, posterior tratamento e acondicionamento dos provetes, para diferentes ensaios e estudos.

Colaborou na análise dos dados das propriedades físicas e mecânicas e da composição química e mineralógica.

2.5 – Tarefa 6 – Elaboração de guias e recomendações para o diagnóstico, prognóstico e mitigação das reacções expansivas internas no betão

Esta tarefa incluiu a definição dos conteúdos, objectivos e estrutura dos guias de recomendações no apoio ao diagnóstico, prognóstico e mitigação das reacções expansivas internas no betão, que se encontram em fase de publicação.

2.6 – Tarefa 7 – Construção de uma página *web* técnica e educativa

Assim como foi referido para a tarefa anterior, também nesta tarefa as actividades foram iniciadas com a definição dos conteúdos e da estrutura da página *web*. Foi ainda realizada a aquisição, compilação, tratamento e organização de imagens obtidas quer em obra, quer por microscopia óptica e electrónica, dos diferentes tipos de agregado estudados, dos diferentes betões e das variadas morfologias apresentadas pelos produtos resultantes de reacções expansivas (gel sílico-alcalino e etringite).

A organização da página está feita em 3 áreas essenciais, uma dedicada ao Projecto EXREACT onde é possível encontrar informação sobre os estudos de caso seleccionados. Outra área dedicada ao público em geral, onde é possível encontrar informação sobre normas de ensaio, recomendações, guias, artigos, teses, etc., relacionados com a degradação do betão por RAS e/ou DEF. Por fim tem uma área dedicada ao meio técnico nacional, onde são abordados aspectos relacionados com o diagnóstico e prognóstico desta forma de degradação de estruturas de betão e as medidas de mitigação destas reacções.

Esta tarefa encontra-se em elaboração por estarem em fase de finalização os textos traduzidos para inglês bem como alguma parte gráfica da página – figura 8.



Figura 8 – Layout da página Web.

2.6 – Tarefa 8 – Organização de um Workshop

Nesta tarefa, a Bolseira deu apoio à organização de um workshop que esteve inserido no congresso REABILITAR 2010, Encontro Nacional CONSERVAÇÃO e REABILITAÇÃO de ESTRUTURAS. Este workshop teve por objectivo, difundir e compilar resultados do Projecto EXREACT e alertar as autoridades nacionais e regionais para a necessidade de implementação de medidas que visem melhorar a durabilidade das novas estruturas de betão, bem como divulgar informação sobre a necessidade de intervenções de reparação em estruturas existentes – figura 9.

No workshop foram abordados os seguintes 5 temas principais:

- 1 – Contexto das estruturas e dos materiais sujeitos a reacções expansivas internas;
- 2 – Prevenção dos riscos;
- 3 – Diagnóstico, observação e prognóstico das estruturas afectadas;
- 4 – Manutenção e reparação das estruturas afectadas;
- 5 – Conclusão e discussão.

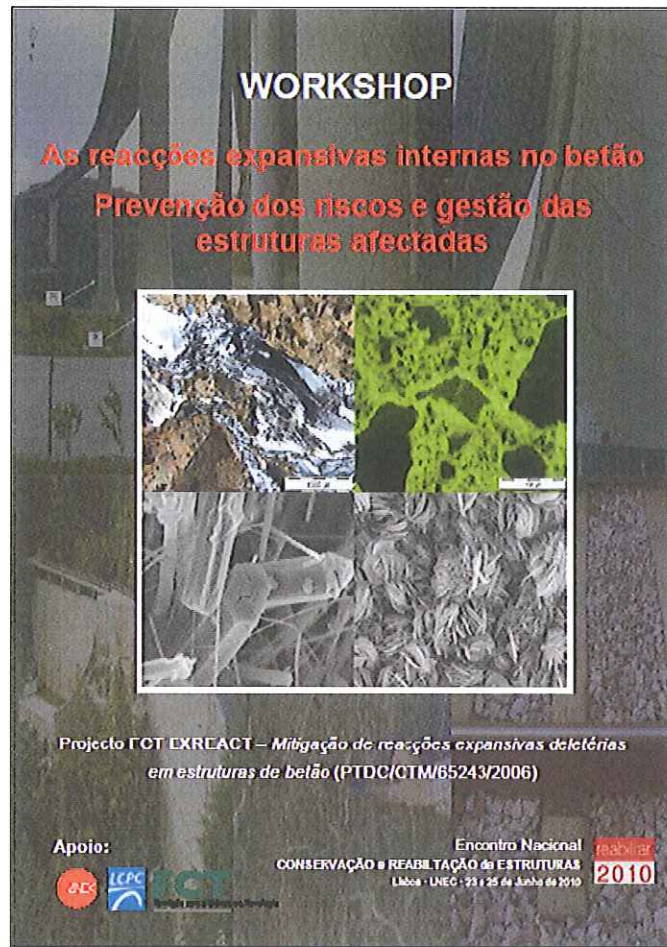


Figura 9 – Imagem da capa do livro do workshop

3 – PUBLICAÇÕES

No sentido de divulgar a actividade realizada, a Bolseira participou na elaboração de resumos e de artigos que foram submetidos a conferências nacionais, cujas publicações se enunciam de seguida:

Artigos em revistas de circulação internacional com arbitragem científica

1. **Publicado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., Divet, L., Pavoine, A., Candeias, A., Mirão, A., "Influence of Mineral Additions in the Inhibition of Delayed Etringite Formation in Cement based Materials – A Microstructural Characterization", Materials Science Forum, Vols. 636-637 (2010) pp. 1272-1279.

2. **Publicado** - Matos, L., Santos Silva, A., Soares, D., Salta, M., Mirão, A., Candeias, A., "The Application of Fluorescence Microscopy and Scanning Electron Microscopy in the Detection of Delayed Etringite Formation in Concrete", Materials Science Forum, Vols. 636-637 (2010) pp. 1266-1271.
3. **Submetido para publicação** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Fernandes, I., Salta, M., "Alkali-Aggregate Reactions in Concrete: Methodologies Applied in the Evaluation of Alkali Reactivity of Aggregates for Concrete", Materials Science Forum.

Artigos e comunicações a reuniões científicas e técnicas internacionais

1. **Apresentado (Poster)** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., Divet, L., Pavoine, A., Candeias, A., Mirão, A., "Influence of Mineral Additions in the Inhibition of Delayed Etringite Formation in Cement based Materials – A Microstructural Characterization", V International Materials Symposium – MATERIAIS 2009, Guimarães, Portugal, Abril 2009.
2. **Apresentado (Poster)** - Matos, L., Santos Silva, A., Soares, D., Salta, M., Mirão, A., Candeias, A., "The Application of Fluorescence Microscopy and Scanning Electron Microscopy in the Detection of delayed Etringite Formation in Concrete", V International Materials Symposium – MATERIAIS 2009, Guimarães, Portugal, Abril 2009.
3. **Publicado** - Santos Silva, A.; Soares, D.; Matos, L.; Salta, M.; "Inhibition of internal expansive reactions in cement based materials with mineral additions", Proceedings of the MEDACHS10 International Congress, La Rochelle, França, Abril 2010, 8 pp.
4. **Apresentado (Poster)** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Fernandes, I., Salta, M., "Alkali-Aggregate Reactions in Concrete: Methodologies Applied in the Evaluation of Alkali Reactivity of Aggregates for Concrete", VI International Materials Symposium – MATERIAIS 2011, Guimarães, Portugal, Abril 2011.
5. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., Gonçalves, A., Bettencourt Ribeiro, A., "Mineral Additions for the Inhibition of Delayed Etringite Formation in Concrete: The Role of Limestone Filler", Proceedings of the XIII ICC - International Congress on the Chemistry of Cement, Madrid, Espanha, 2011.
6. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., "Inhibition of ASR and DEF: Evaluation of the Microstructure of Concrete Mixes With pozzolanic Additions", Proceedings of the 13th EMABM– Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials, Ljubljana, Slovenia, 2011.

Artigos e comunicações a reuniões científicas e técnicas nacionais

1. **Apresentado** - Soares, D., Santos Silva, A., Matos, L., Salta, M., Gonçalves, A., Bettencourt Ribeiro, A., Candeias, A., Mirão, J., Labrincha, J., Ferreira, V., Velosa, A., "Emprego de adições minerais para mitigação de reacções expansivas internas", Proceedings of the ASCP'09 – 1º Congresso Nacional sobre Segurança e Conservação de Pontes, Lisboa, Portugal, 2009, p. III 211-218.
2. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., "Degradação do betão por reacções sulfáticas internas. Metodologia para o seu diagnóstico/prognóstico", Proceedings of the ASCP'09 – 1º Congresso Nacional sobre Segurança e Conservação de Pontes, Lisboa, Portugal, 2009, p. III 203-209.
3. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., Bettencourt Ribeiro, A., Gonçalves, A., "Mitigação das reacções expansivas no betão: avaliação do efeito do uso de adições minerais em substituição de cimento", Proceedings of the REABILITAR 2010 – Encontro Nacional de Conservação e Reabilitação de Estruturas, Lisboa, Portugal, Junho 2010, 10 pp.
4. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., Bettencourt Ribeiro, A., Gonçalves, A., "Reacções expansivas internas no betão: mitigação da expansão pelo emprego de adições minerais", Proceedings of the BE 2010 – Encontro Nacional Betão Estrutural, Lisboa, Portugal, Novembro 2010, 11 pp.
5. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Salta, M., "Degradação do betão por reacções álcalis-agregado: Exemplos de diagnóstico/prognóstico em pontes", Proceedings of the ASCP'11 – 2º Congresso Nacional sobre Segurança e Conservação de Pontes, Coimbra, Portugal, Junho 2011.
6. **Apresentado** - Santos Silva, A., Soares, D., Matos, L., Fernandes, I., Salta, M., "Reacções álcalis-agregado em betão: contributos na avaliação da reactividade aos álcalis de agregados para betão", Proceedings of the ASCP'11 – 2º Congresso Nacional sobre Segurança e Conservação de Pontes, Coimbra, Portugal, Junho 2011.

Relatórios

1. **Publicado** - Matos, L., Santos Silva, A., "Relatório de Actividades no Projecto FCT EXREACT da Boleira de Investigação Lina Matos", Nota Técnica 09/2010 – DM, Lisboa, 2010, 9 pp.

2. **Publicado** - Matos, L., Santos Silva, A., "Relatório de Actividades no Projecto FCT EXREACT da Bolseira de Investigação Lina Matos", Nota Técnica 04/2011 – DM, Lisboa, 2011, 8 pp.

Livros

1. **Publicado** - Santos Silva, A., Gonçalves., A., Divet, L., Pavoine, A., Germain, D., Appleton, J., Soares, D., Matos, L., "As reacções expansivas internas no betão. Prevenção dos riscos e gestão das estruturas afectadas.", Seminário Integrado no Encontro Nacional de Conservação e Reabilitação de Estruturas – REABILITAR 2010, Junho 2010, 136 pp.

Lisboa e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Julho de 2011.

VISTOS

A Chefe do Núcleo de Materiais Metálicos



Maria Manuela Salta
Investigadora Coordenadora

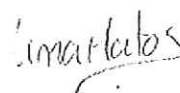
O Director do Departamento de Materiais

Arlindo Gonçalves
Investigador Coordenador



Manuela Salta
CHEFE DO NÚCLEO DE
MATERIAIS METÁLICOS

AUTORIAS



Lina Matos
Bolsista de Investigação



António Santos Silva
Investigador Auxiliar, Orientador da Bolseira