

Boas práticas para travar a impermeabilização do solo e minimizar os seus impactos em áreas urbanas

maio 2025



UNSealingCities

Título:

Boas práticas para travar a impermeabilização do solo e minimizar os seus impactos em áreas urbanas

Local e data de publicação:

Lisboa, 19 maio 2025

Autores:

Rita Nicolau

Beatriz Condessa

Fernando Nunes da Silva

Carolina Cardoso

Eusébio Reis

Ana Sofia Rizzone

Ana Morais de Sá

Cristina Branquinho

Índice

1. Introdução.....	4
2. Políticas e orientações europeias relativas ao solo	5
3. Boas práticas para controlo da artificialização e impermeabilização do solo.....	6
3.1. Medidas de política.....	7
3.2. Intervenções	18
4. Monitorização da artificialização e impermeabilização do solo em áreas urbanas..	32
4.1. Fontes de dados.....	32
4.2. Indicadores	34
4.3. Métodos.....	35
5. Referências	37

1. Introdução

A impermeabilização do solo consiste na cobertura da sua superfície por materiais impermeáveis, tais como o cimento e o alcatrão, que provocam uma perda de nutrientes e de humidade no solo [1]. Este processo é atualmente considerado uma das principais causas de degradação dos solos europeus [2] porque prejudica os serviços/funções prestados este recurso no seu estado saudável: suporte para a vida e para a biodiversidade, produção de alimentos e fibras, regulação do clima, regulação dos ciclos hidrológicos e de nutrientes, sequestro de carbono, purificação da água e degradação de contaminantes [3,4]. A impermeabilização do solo é impulsionada pelo desenvolvimento urbano e pela construção de infraestruturas. Consequentemente, a sua prevalência é maior nas cidades, onde a escassez de vegetação, a menor capacidade do solo para reter água, a maior absorção de energia solar pela superfície impermeabilizada e o aumento da temperatura do ar provocado pelos sistemas de ar condicionado e pelo tráfego contribuem para aumentar a vulnerabilidade a fenómenos de calor extremo (ilhas de calor) e inundações [5,6,7].

O presente guia foi elaborado no âmbito do projeto “UnSealingCities - Planeamento de intervenções de mitigação dos impactos da impermeabilização dos solos e de adaptação às alterações climáticas em áreas urbanas”, que prevê:

1. A inventariação de boas práticas para mitigação das vulnerabilidades decorrentes da impermeabilização do solo em meio urbano;
2. O desenvolvimento de recomendações dirigidas ao Sistema de Gestão Territorial para controlar a impermeabilização do solo e aumentar a resiliência das cidades às alterações climáticas;
3. A cocriação de intervenções para reverter a impermeabilização do solo e/ou implementar Soluções de Base Natural (SBN) nas áreas urbanas de dois municípios nacionais com elevados níveis de impermeabilização do solo.

As vulnerabilidades abordadas pelo UnSealingCities são as cheias e inundações, o calor extremo e a poluição atmosférica.

Após um enquadramento inicial da temática abordada nas políticas e diretrizes europeias, o guia apresenta medidas de política e exemplos de intervenções, reconhecidas pela literatura internacional como boas práticas no controlo da impermeabilização do solo em áreas urbanas. Na sua maioria, os exemplos apresentados demonstram um alinhamento das práticas de planeamento urbano com as mais recentes políticas europeias sobre o solo. Na secção final do guia, são identificadas fontes de dados, indicadores e métodos que viabilizam a monitorização da impermeabilização do solo.

Os conteúdos apresentados, embora não sejam exaustivos, visam sensibilizar os responsáveis pelo ordenamento do território, particularmente os decisores e técnicos municipais, para a urgência de preservar o solo como recurso natural e para o papel fundamental desempenhado pelo solo não impermeabilizado nas áreas urbanas.

2. Políticas e orientações europeias relativas ao solo

Estima-se que mais de 60 % dos solos da União Europeia (UE) estejam degradados [8], devido a adoção de práticas de gestão não-sustentáveis, à impermeabilização, à contaminação e à sobre-exploração agrícola e industrial do solo. Estes fatores são agravados pelos impactos das alterações climáticas e por fenómenos meteorológicos extremos. As consequências da degradação do solo ultrapassam as fronteiras administrativas e criam riscos para a saúde humana, o ambiente, o clima, a economia e a sociedade [9]. O reconhecimento da importância dos solos saudáveis para a prestação de serviços de ecossistemas, para os vários sectores económicos, bem como para o bem-estar das pessoas, tem vindo a assumir uma importância crescente nas políticas e diretrizes europeias.

Em 2011, o Roteiro para uma Europa Eficiente na Utilização de Recursos [10] estabeleceu a meta “*No Net Land Take by 2050*” (NNLT), que visa a anulação da artificialização líquida do solo europeu até 2050. A artificialização líquida do solo (*Net Land Take*) expressa a diferença entre a superfície de solo natural e seminatural consumida pela urbanização e a superfície de solo urbanizado que foi renaturalizada no mesmo período de tempo. *No Net Land Take* significa que as duas superfícies acima referidas se devem igualar. O cumprimento desta meta requer uma redução da artificialização e da impermeabilização do solo, por aumento da reutilização das áreas urbanas (densificação e reabilitação de espaços intraurbanos abandonados ou subaproveitados), bem como a implementação de intervenções compensatórias da artificialização do solo que não possa ser evitada (renaturalização de territórios urbanizados e outras intervenções, tais como criação de espaços verdes, que conduzam ao incremento da provisão de serviços de ecossistemas) [11,12]. Em 2011, a Comissão Europeia (CE) publicou igualmente orientações sobre as melhores práticas para limitar a impermeabilização do solo e mitigar os seus efeitos [13].

Em 2021, a CE divulgou a Estratégia de Proteção do Solo da UE para 2030 [14]. Esta reforça a exigência do cumprimento da meta NNLT com vista a um desenvolvimento urbano sustentável, e aconselha os estados-membros a criarem as suas próprias metas (de âmbito nacional, regional e local) para reduzir a artificialização líquida do solo até 2030. Adicionalmente, recomenda que o desenvolvimento urbano seja preferencialmente orientado para a densificação de áreas já urbanizadas e reutilização de solo que já esteja impermeabilizado, evitando assim a artificialização e impermeabilização de mais áreas naturais e seminaturais. Sempre que tal não seja exequível, deve ser minimizado o consumo de solos férteis ou dos ocupados por floresta e devem ser implementadas medidas que compensem a perda de serviços de ecossistemas ocasionada pela artificialização do solo. Em 2021, foi igualmente criada a missão Europeia para o Solo “*A Soil Deal for Europe*” [15], que através da promoção de práticas de gestão sustentáveis, visa liderar a transição para restaurar e proteger os solos até 2030. Um dos seus objetivos específicos é o de travar a impermeabilização dos solos e aumentar a reutilização de solos urbanos, particularmente do solo escavado proveniente da atividade de construção.

Em 2023, foi publicada uma proposta da Lei de Monitorização do Solo [9], atualmente em fase de concertação entre a Comissão, o Parlamento e o Conselho da UE. Embora não regule diretamente a impermeabilização do solo, esta proposta exige que os estados-membros monitorizem a saúde do solo, bem como a sua artificialização e impermeabilização, e implementem medidas compensatórias da perda de capacidade do solo para prestar serviços de ecossistemas causada pela artificialização não evitada.

Em 2024, entrou em vigor a Lei do Restauro da Natureza [16]. Um dos seus objetivos é aumentar o coberto arbóreo e os espaços verdes nas zonas urbanas e integrar as SBN no planeamento urbano, a fim de recuperar os solos degradados. Esta lei estabelece também objetivos vinculativos para o restauro de ecossistemas degradados, em especial dos que têm potencial para capturar e armazenar carbono.

Na maioria dos países, os quadros institucionais e jurídicos em que se insere o ordenamento do território e a governação territorial não foram historicamente concebidos para atingir a meta NNLT e as mais recentes orientações sobre o solo. Particularmente, devido à dependência das autoridades locais das receitas de impostos sobre a urbanização e ao continuado fluxo migratório para os espaços urbanos com maior dinâmica económica. Consequentemente, a introdução de objetivos associados à prossecução das diretrizes europeias sobre o solo, suscita debates sobre a necessária evolução da governação territorial para facilitar a sua implementação [17,18].

Contudo, em alguns estados (Alemanha, Áustria, Suíça, França, Luxemburgo, regiões da Flandres e da Valónia na Bélgica, e regiões da Calábria, Emilia Romagna, Lombardia, Véneto e Toscana na Itália) já é notória uma convergência dos sistemas de ordenamento do território na prossecução das orientações europeias, que se traduz quer no estabelecimento de objetivos particularizados, quer na adoção de regulação específica para travar a artificialização e a impermeabilização do solo [17,19].

Em Portugal, apesar da meta NNLT não estar explicitamente referida no quadro legal do Ordenamento do Território e Urbanismo, a Lei de Bases da Política Pública de Solos, Ordenamento do Território e Urbanismo de 1998, revista em 2014, apoia a valorização do potencial do solo, a salvaguarda da sua qualidade e o cumprimento das suas funções ambientais, económicas, sociais e culturais, nomeadamente como fonte de matérias-primas e de produção de biomassa, reservatório de carbono e reserva de biodiversidade. Assim, desde 2014, a contenção da expansão urbana e da construção dispersa e o carácter excecional da reclassificação do solo rural em solo urbano são objetivos do ordenamento do território nacional. No entanto, as alterações mais recentes do Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial, justificadas pela necessidade de oferta de mais habitação, veio simplificar, de acordo com algumas condições, essa reclassificação.

Também o Programa Nacional de Políticas de Ordenamento do Território, revisto em 2019, reconhece a necessidade de valorizar o solo e combater a sua perda, incluindo orientações como a contenção da ocupação do solo e a inversão da sua degradação, e o aumento da regeneração de áreas urbanas obsoletas.

3. Boas práticas para controlo da artificialização e impermeabilização do solo

Para além das orientações da UE acima elencadas, o cumprimento de algumas diretivas europeias, tais como as relativas à avaliação e gestão dos riscos de inundações e à avaliação do impacto ambiental de projetos públicos e privados [20,21], permite aos estados-membros fundamentar a execução de práticas de gestão sustentável do solo, designadamente das conducentes à mitigação dos efeitos decorrentes da sua impermeabilização.

3.1. Medidas de política

Com base na análise da literatura conduzida por diversos especialistas [3,13,17,18,19,22,23], destacam-se as seguintes medidas mais frequentemente utilizadas no controlo da impermeabilização e da artificialização do solo, por diferentes governos na Europa e em outras regiões:

- Regulação do uso do solo por proibição ou incentivo de alterações específicas;
- Definição de limiares de edificabilidade ou de impermeabilização do solo;
- Priorização da renovação e reabilitação intraurbana e da densificação dos aglomerados populacionais;
- Tradução do objetivo NNLT em metas quantitativas para travar a impermeabilização e a artificialização do solo;
- Estabelecimento de quotas de artificialização e/ou de permeabilização do solo;
- Definição de compensações pela artificialização do solo não evitada;
- Fixação de compensações pela perda de direitos de construção;
- Transferência de direitos de construção;
- Avaliação do impacto ambiental da artificialização do solo.

Estas medidas são usualmente fundamentadas num ou mais dos seguintes instrumentos:

- a) Objetivos e orientações integradas em planos e programas de ordenamento do território;
- b) Normativos técnicos e regulamentares;
- c) Instrumentos económico-financeiros, designadamente fiscais, que estabelecem penalizações, incentivos ou compensações para transformações do uso do solo específicas;
- d) Outros instrumentos promotores da conservação e valorização do recurso natural solo (tais como, recomendações sobre a impermeabilização de áreas privadas ou guias técnicos sobre a prevenção da contaminação e a remediação do solo).

No Quadro 1 identificam-se os instrumentos que apoiaram a implementação de cada

medida de política nos vários contextos seguidamente explicitados.

Quadro 1 – Tipos de instrumentos que apoiam a implementação de medidas de política destinadas ao controlo da impermeabilização e da artificialização do solo

Medidas de política	Instrumentos			
	Objetivos e orientações	Normativos técnicos e regulamentares	Económico-financeiros	Outros
Regulação do uso do solo por proibição ou incentivo de alterações específicas		√	√	
Definição de limiares de edificabilidade ou de impermeabilização do solo		√		
Priorização da renovação e reabilitação intraurbana e da densificação dos aglomerados populacionais	√	√	√	
Tradução do objetivo NNLT em metas quantitativas	√	√		
Estabelecimento de quotas de artificialização e/ou de permeabilização do solo	√	√		√
Definição de compensações pela artificialização do solo não evitada		√	√	
Fixação de compensações pela perda de direitos de construção		√	√	√
Transferência de direitos de construção		√	√	√
Avaliação do impacto ambiental da artificialização do solo	√	√		

Independentemente do alinhamento ou não das orientações de ordenamento do território dos estados-membros da EU com a meta NNLT, a **regulação do uso do solo por proibição ou incentivo de alterações específicas** permite preservar os solos de maior qualidade, aumentar a biodiversidade e travar a fragmentação da paisagem. Constituem ilustrações deste tipo de medida:

Os regimes especiais de proteção atribuídos às áreas verdes e aos solos com aptidão agrícola na Áustria e na França [3,13], aos terrenos que integram a Reserva Ecológica Nacional, a Reserva Agrícola Nacional, o Regime Florestal e o Sistema Nacional de Áreas Classificadas em Portugal [11], bem como à cintura verde que circunda diversas cidades inglesas para conter a sua expansão [19].

A proibição da edificação em espaços naturais e áreas verdes instituída pelo governo regional da Valónia (Bélgica) [17] e as restrições à construção nas zonas agrícolas prioritárias existentes no centro da cidade de Viena (Áustria) e na área verde maioritariamente constituída por floresta, que circunda a cidade [3], demonstram que os objetivos acima enunciados podem ser regulados por distintos níveis de governação.

Os incentivos ao desenvolvimento de infraestrutura verde em cidades, como o promovido pelo subprograma Mitigação e Adaptação às Alterações Climáticas do LIFE, podem ajudar a reduzir o calor nos espaços urbanos, melhorar a qualidade do ar, aumentar a biodiversidade e contribuir para uma gestão mais eficiente das águas pluviais. Para mitigação destas vulnerabilidades, algumas cidades e regiões europeias (Linz, Viena, Darmstadt, Estugarda, Basileia, Zurique, Lucerna e a Flandres) já concederam incentivos para aumento da cobertura verde (criação de telhados verdes e jardins verticais) em zonas urbanas [22,24].

O programa de financiamento lançado em 2018 pelo governo da Flandres, para reversão da impermeabilização do solo e melhorar a qualidade dos espaços abertos (<https://interlace-hub.com/flanders-breaks-out-vlaanderen-breekt-uit>), permitiu o desenvolvimento de 44 projetos, entre 2018 e 2019, que visaram a remoção da cobertura impermeável de terrenos públicos (parques escolares, praças, parques de estacionamento e arruamentos).

A permeabilização do solo em áreas privadas é igualmente financiada no estado de Bremen, onde os proprietários dos terrenos podem receber 25 € por m² de área onde a impermeabilização do solo for revertida, até ao montante máximo de 5000€ (<https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Land/Bremen/oekologische-regenwasserbewirtschaftung-entsiegelu.html>).

A lei climática da Baixa Saxónia (Alemanha), de janeiro de 2024, exige que cada município identifique os locais com potencial para reversão da impermeabilização do solo até ao final de 2026 [18].

O *Impervious Surface Removal* é um programa de financiamento lançado pelo estado de Washington (EUA) que visa reduzir os níveis de superfície impermeável nas principais bacias de drenagem urbana para menos de 30 % até 2031. Este programa abrange espaços públicos e privados. De entre intervenções elegíveis para reembolso aos proprietários de terrenos privados, destacam-se a remoção de superfícies impermeáveis e sua substituição por vegetação, agricultura ou pavimentos permeáveis em zonas de estacionamento ou anexas às habitações. Nos espaços públicos, o programa visa a ampliação de canteiros, a criação de faixas permeáveis contínuas e de grandes áreas verdes (Figura 1) [19].



Figura 1 - Reversão da impermeabilização do solo em Pierce County, Washington.

Fonte: <https://www.flickr.com/photos/132714403@N02/46093120691>

A **definição de limiares de edificabilidade ou de impermeabilização do solo** pode igualmente contribuir para a salvaguarda das funções e serviços fornecidos pelo solo nas áreas urbanas.

O plano de ordenamento de Wrocław, na Polónia, exige que pelo menos 25 % de cada parcela de terreno a urbanizar permaneça biologicamente ativa (não impermeabilizada), mas os municípios podem estabelecer limiares de espaço verde por lote de construção mais elevados. O plano em questão permite que metade da superfície ocupada por coberto verde possa ser contabilizada como área biologicamente ativa [3].

O plano de urbanização da cidade de Viena, define valores mínimos (em m² per capita) a assegurar para as áreas verdes no desenvolvimento de novos empreendimentos na cidade.

Na Valónia, os projetos urbanos executados em lotes com mais de meio hectare têm de assegurar uma área de solo não impermeabilizado não inferior a 30 % da superfície da parcela nas áreas centrais ou não inferior a 70 % fora das áreas centrais [17].

A cidade de Dresden prossegue o objetivo de que a superfície impermeabilizada não ultrapasse 40 % da área urbana. Para o seu cumprimento, todas as áreas não urbanizadas de elevada qualidade são protegidas. O nível proteção atribuído a estas áreas é proporcional à qualidade do solo mapeada tendo em consideração a respetiva produtividade [19].

No centro da cidade de Berlim, os planos para a construção de novos edifícios ou os que visam operações de regeneração urbana estão sujeitos, desde 1994, a um regulamento que requer que uma proporção da área intervencionada seja ocupada por espaço verde. Tal proporção é estimada através de um índice conhecido como BAF (*Biotope Area Factor*), que indica qual a quantidade de solo permeável necessária à provisão de funções e serviços pelo solo que assegurem a melhoria do microclima, o equilíbrio hídrico e a qualidade do habitat vegetal e animal. O recurso a este índice contribui para reduzir a vulnerabilidade local às alterações climáticas, uma vez que as suas medidas ajudam a baixar as temperaturas e a melhorar a gestão do escoamento superficial [19,22].

O controlo da expansão urbana por **priorização da renovação e reabilitação intraurbana e da densificação dos aglomerados populacionais**, tem sido igualmente utilizado por diversos países europeus para travar a impermeabilização do solo. Os instrumentos adotados para este fim são muito diversificados (difusão de orientações e de normas técnicas ou incentivos / desincentivos económicos).

O objetivo de densificar as áreas urbanas é explicitamente prosseguido por diversos países europeus. Na Alemanha e na Suíça, a regulamentação do ordenamento do território institui que o desenvolvimento intraurbano seja privilegiado através da regeneração urbana e da reutilização de áreas já urbanizadas. Neste âmbito, o município de Estugarda, disponibiliza informação online sobre as zonas intraurbanas que podem ser reutilizadas, designadamente dados relativos ao uso do solo programado, dimensão do terreno e potencial de construção [19,25,26].

Com o objetivo de promover a densificação urbana na província de Trento, situada na região italiana da Toscana, em intervenções destinadas à reabilitação de edifícios é permitido um aumento até 20 % da sua volumetria original [19].

A renovação e reabilitação intraurbana podem ser subvencionadas por diversos níveis de governação. Os projetos de reabilitação de zonas industriais ou comerciais obsoletas que podem conter solo contaminado (*brownfields*) são financiados desde de 2020 em França. Um ano depois, a Bélgica começou a conceder incentivos fiscais à demolição e reconstrução de habitações [27]. O governo regional da Lombardia subsidia igualmente ações de reabilitação urbana nos seus municípios [19].

Para travar o consumo de solo natural e seminatural, o governo inglês instituiu em 1999 o objetivo de reabilitação de *brownfields* para fins habitacionais. Em 2016 foi estabelecida a meta de utilização de 90 % dos terrenos industriais abandonados para desenvolvimento residencial até 2020 [28].

Com vista à ocupação dos espaços destinados a atividades económicas na Valónia, foram definidas como prioritárias a requalificação de zonas industriais abandonadas, a remobilização de espaços desocupados e a demolição/reconstrução de edifícios existentes, com aplicação de um coeficiente de utilização dos solos variável entre 50 e 70 %.

A região de Emilia Romagna, em Itália, duplicou desde 2018 as taxas de urbanização de áreas agrícolas e reduziu tais taxas em 35 % para projetos de recuperação de áreas urbanas abandonadas [22].

Alguns países e regiões da Europa, nomeadamente a Áustria, Alemanha, Luxemburgo, França, Valónia e Flandres, já procederam à **tradução do objetivo NNLT em metas quantitativas para travar a impermeabilização e a artificialização do solo**. Estas metas são usualmente aplicadas como instrumentos de controlo, e a sua eficácia pode depender da sua natureza vinculativa para os níveis de governação inferiores.

Em 2021, no âmbito da revisão da estratégia de desenvolvimento sustentável da Alemanha, o governo federal redefiniu a meta de redução da taxa de artificialização do solo que tinha sido fixada em 2002, para menos de 30 ha/dia até 2030. Contudo, esta meta não é juridicamente vinculativa para os estados e municípios [28,29].

A estratégia de desenvolvimento sustentável da Áustria, adotada em 2002, já incluía a meta de diminuição da taxa de impermeabilização do solo para um décimo até 2010, o que correspondia a uma redução da artificialização líquida do solo até 2,5 ha/dia. Dado que estes limiares não foram atingidos em 2010, o programa governamental de 2020-2024 reiterou esta última meta, ampliando até 2030 o prazo destinado ao seu cumprimento [29].

O programa nacional de ordenamento do território aprovado pelo governo luxemburguês em 2023, também inclui um objetivo biotápico para travar a artificialização líquida do solo, preconizando uma redução da mesma para 0,25 ha/dia em 2035, por forma a viabilizar o cumprimento da meta europeia em 2050 (NNLT). Estes objetivos não são vinculativos para os municípios [29].

A lei francesa sobre o clima e a resiliência, em vigor desde 2021, estabeleceu igualmente um objetivo biotápico para travar a artificialização do solo. Entre 2021 e 2031, pretende-se reduzir a urbanização de áreas naturais e seminaturais em 50 % do verificado na década precedente. De 2032 até 2050, ambiciona-se atingir uma artificialização líquida do solo nula (NNLT). Para tal, cada área urbanizada deve ser compensada pela renaturalização de uma superfície equivalente. Estas metas são juridicamente vinculativas dos municípios franceses, que para a sua observância devem ajustar os planos de ordenamento até 2027 [29].

O *Projet d'Aménagement et de Développement Durable* inserido no plano urbanístico metropolitano de Nantes, em França, estabeleceu duas metas quantitativas destinadas à redução da expansão urbana e da impermeabilização do solo: (i) reduzir em 50 % a taxa anual de artificialização de áreas agrícolas, naturais e florestais verificada no período 2004-2012 e, (ii) proteger 15000 hectares de terras agrícolas até 2030, promovendo as hortas urbanas e a agricultura próxima da cidade com cadeias alimentares circulares curtas [3].

O desejo de cumprir a meta NNLT foi expresso em 2018 pelo plano de ordenamento territorial da Flandres. Contudo em 2019, tal ambição foi antecipada para 2040, tendo sido preconizado um decréscimo intercalar da artificialização líquida do solo para 3 ha/dia até 2025 [22]. O cumprimento da meta NNLT na Flandres requer uma redução dos perímetros urbanos por exclusão de 30000 hectares ainda não urbanizados, bem como a permeabilização de 21185 hectares de solo. O plano regional acima referido estabelece um quadro jurídico vinculativo para os planos de ordenamento provinciais e municipais [22,29].

Na Valónia, a meta NNLT foi integrada em 2019 na visão para o desenvolvimento territorial da região (SDT). Em abril de 2024, entrou em vigor um novo SDT que reiterou tal meta. Para a sua prossecução a nível sub-regional, preconiza-se o aumento da densidade das áreas já artificializadas, mantendo áreas mínimas de espaço aberto e evitando a urbanização de áreas agrícolas, florestais ou naturais. No que diz respeito à ocupação dos espaços destinados a atividades económicas, pretende-se que até 2030, 30 % das novas atividades tenham sido implantadas em áreas já urbanizadas. Para cumprimento e monitorização dos objetivos enunciados, o território regional foi subdividido em sete áreas de otimização do uso do solo [29].

A meta NNLT foi integrada nas leis regionais da Lombardia e de Emilia Romagna (em Itália), respetivamente em 2015 e 2017. O município de Parma, localizado na Emilia Romagna, tem-se destacado pela adoção de práticas de planeamento urbano norteadas pela meta regional, particularmente na reutilização e recuperação do património edificado e na proteção e valorização das áreas agrícolas [19].

A meta NNLT foi expressa, em 2020, na estratégia nacional Suíça para o solo como a necessidade de assegurar a inexistência de perdas líquidas de solo até 2050 [26]. Para que não ocorram perdas líquidas de solo, as funções do solo que são lesadas num local devido à atividade de construção devem ser inteiramente compensadas noutro local. Nesta compensação, são avaliadas a qualidade do solo nos dois locais e as superfícies afetadas.

A adoção de metas quantitativas como as acima descritas, pode conduzir ao **estabelecimento de quotas de artificialização e/ou de permeabilização do solo** a cumprir pelos níveis de governação inferiores.

Atendendo ao carácter não vinculativo para os municípios dos objetivos de redução da artificialização do solo no Luxemburgo, o governo estabeleceu quotas de artificialização do solo e critérios de densidade de construção anualmente permitidos por município, até 2035. A definição destes limiares fundamentou-se em aspetos demográficos, no número de postos de emprego e na qualificação do município como rural, suburbano ou urbano, constante da estratégia nacional de ordenamento do território [29].



Figura 2 – Imagem utilizada na promoção da política, denominada Betonstop. introduzida pelo governo da Flandres para travar a impermeabilização do solo a partir de 2040. Fonte: <https://www.bondbeterleefmilieu.be/artikel/betonstop-belangrijk-kantelpunt-maar-uitvoering-moet-vandaag-beginnen>

Em França, as metas de redução do consumo de solo são definidas por regiões, que as podem diferenciar por sub-regiões (cidades, vilas, aldeias) definindo quotas de artificialização do solo em função do consumo de solo passado, das dinâmicas demográfica e económica ou por razões de equilíbrio regional. As metas estabelecidas nos planos de desenvolvimento regional, são aplicadas pelos instrumentos de gestão do território de nível inferior, como os SCoT (*Schéma de Cohérence Territoriale*) de âmbito sub-regional (onde são definidas quotas locais) e os PLU (*Plan Local d'Urbanisme*). No período 2021-2031 foi concedido a cada município pelo menos um hectare para desenvolvimento urbano. O estabelecimento de quotas de artificialização do solo abre portas à eventual permuta de direitos de construção entre municípios [29].

Para apoiar o cumprimento da meta regional da Flandres e informar os decisores sobre os seus efeitos a nível municipal, um centro de investigação da universidade de HOGENT desenvolveu uma aplicação web designada Betonmeter (<https://betonmeter.be/>) que mapeia o uso e a impermeabilização do solo recorrendo a 29 indicadores desagregados por município. Entre tais indicadores, destacam-se a quota máxima de solo agrícola e natural que cada município poderá artificializar entre 2022 e 2040, e a superfície mínima impermeabilizada que deverá ser revertida no mesmo período.

Com vista ao cumprimento da meta europeia, na região de Emilia Romagna, foi concedida a cada comuna uma quota de 3 % do seu território para desenvolvimento de projetos de interesse público que requeiram nova urbanização, nomeadamente a requalificação de grandes áreas urbanizadas e a construção de habitação social [19].

O cumprimento da meta NNLT requer a **definição de compensações pela artificialização do solo não evitada** devido a múltiplos fatores de interesse público, tais como a necessidade de reforço do parque habitacional e de infraestruturas que não puderam ser supridas dentro dos perímetros urbanos.

Na Flandres, os planos sub-regionais de ordenamento do território exigem que qualquer conversão não-evitável de áreas agrícolas ou florestais em áreas urbanas seja compensada por renaturalização de uma zona dentro do perímetro urbano, cuja área não seja inferior a 85 % da superfície que foi artificializada.

Em 2002, a lei da conservação da natureza alemã já exigia a compensação dos impactes ambientais causados pela atividade de construção [13]. Para apoiar as autoridades públicas na conceção de compensações pela deterioração ambiental resultante da artificialização do solo que não possa ser evitada, o estado de Berlim desenvolveu um instrumento designado Ökokonto (<https://www.berlin.de/sen/uvk/natur-und-gruen/biologische-vielfalt/berliner-beispiele/gesellschaft/oekokonto/>). Adotado pelo Senado de Berlim em 2019, este instrumento tem sido utilizado para cartografar as zonas urbanas mais carenciadas de intervenções que melhorem a sua qualidade ambiental. Deste modo, as compensações devem ser preferencialmente direcionadas para estas zonas. No entanto, face aos objetivos de construção de novas habitações e à indisponibilidade de terrenos para a execução de intervenções de compensação, a aplicação do conceito de compensação ao nível da cidade-estado parece estar a atingir os seus limites [17]. O Ökokonto também é utilizado no estado da Baviera, onde a área de compensação é calculada em função da qualidade dos solos a transformar e da impermeabilização prevista. A compensação deve ser executada antes da transformação urbana [19].

O plano municipal de Dresden requer que os promotores de novas construções compensem monetariamente o município para a realização de intervenções destinadas à reversão da impermeabilização do solo, demolição de edifícios e instalações fabris obsoletas ou aplicação de medidas de restauro ecológico noutros locais. As compensações são preferencialmente realizadas em áreas identificadas pelo plano paisagístico, com o objetivo de reforçar e conferir conetividade à rede ecológica existente. A preservação das bacias de retenção de cheias, assume particular relevância nesta cidade, que fica situada numa região da Alemanha muito vulnerável a inundações. Deste modo, a permeabilização do solo tem sido mais frequentemente utilizada como medida compensatória de novas urbanizações [13,19].

Quer a necessidade de cumprimento da meta NNLT, quer o objetivo de preservar o solo como recurso natural, podem fundamentar a redução de perímetros urbanos constantes de planos de ordenamento do território previamente aprovados. A redução da área urbana ainda não urbanizada acarreta uma perda de direitos de construção por parte dos proprietários de terrenos excluídos da área edificável. Para resolução destas situações, as autoridades podem definir **compensações** aos proprietários lesados **pela perda de direitos de construção**.

Em 2015, o plano operativo municipal da cidade de Reggio Emilia, em Itália, concretizou uma redução da área urbana ainda não urbanizada, por cooperação com os proprietários de terrenos, que beneficiaram financeiramente da perda de direitos de urbanização. Tal permitiu a devolução de mais de 135 hectares de terrenos a funções rurais [22].

Em 2021, o conselho municipal da cidade de Gent, na Flandres, aprovou o plano “169Green”, destinado a reforçar a infraestrutura verde da cidade por redução de zonas urbanizáveis. A implementação deste plano exigiu a expropriação de diversas parcelas, mas contribuiu para incrementar em 20 % os espaços verdes da cidade [30].

Em maio de 2023, a Flandres instituiu compensações financeiras para os proprietários de terrenos urbanos que percam direitos de urbanização devido à redução de zonas urbanizáveis [29]. Em 2024, o governo flamenco deliberou a exclusão de 736 hectares de terrenos com elevado risco de inundação das áreas edificáveis previstas pelos planos municipais. As compensações aos proprietários dos terrenos afetados por esta exclusão tiveram em conta os preços de mercado, que atribuem igual valor a terrenos com e sem elevado risco de inundação [31].

A **transferência de direitos de construção** (*Tradable Development Rights -TDR*) é um instrumento previsto nos regulamentos de alguns Planos Diretores Municipais nacionais [32], que permite transferir o potencial de desenvolvimento de um local onde a construção não é autorizada para outro onde esta seja permitida, promovendo um uso mais sustentável do território. Este instrumento prevê que os proprietários de terrenos vendam os direitos de construção atribuídos à sua parcela (parcela-origem) a interessados que os possam utilizar noutra local (parcela-destino). Enquanto as parcelas-destino acolhem novas construções, as parcelas-origem podem ser utilizadas para implementar projetos urbanos de interesse público, tais como infraestruturas de transportes, habitação social, ou para criar espaços verdes que promovem o bem-estar da população local e aumentam a resiliência urbana [33]. Deste modo, este instrumento permite equilibrar o desenvolvimento urbano com a preservação de áreas de interesse ambiental, histórico ou cultural.

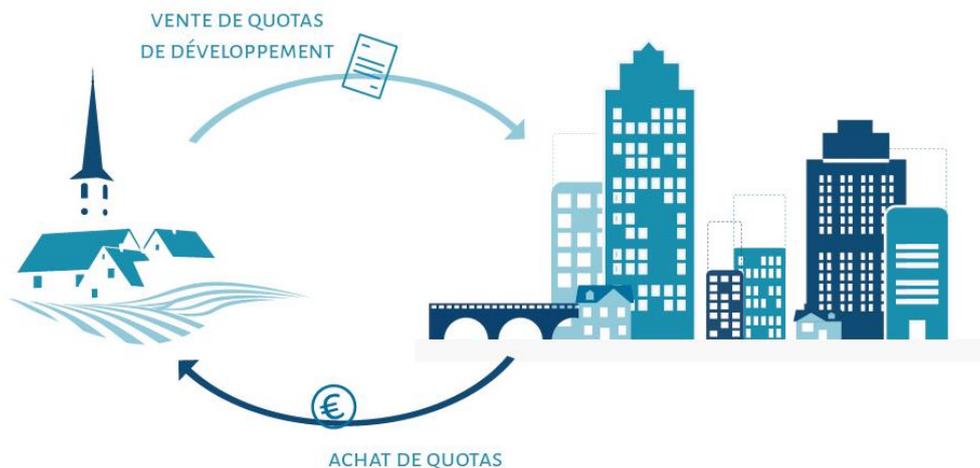


Figura 3 - Ilustração da transferência de direitos de construção.

Fonte: <https://www.canopea.be/betonstop-flamand-vers-quel-type-de-mise-en-oeuvre-se-dirige-t-on/>

Na Alemanha foi levado a cabo um projeto piloto que visou avaliar o potencial da transferência de direitos de construção entre 87 municípios para a redução da artificialização do solo [34]. O desenvolvimento do projeto assentou no objetivo estratégico prosseguido pelo governo alemão de privilegiar o desenvolvimento intraurbano, bem como na aceitação do princípio de que a construção fora dos limites definidos pelos atuais perímetros urbanos municipais requer uma licença especial, que pode ser transacionada entre municípios. Para viabilizar este tipo de transferência foi definido um conjunto de certificados, em que cada certificado representava uma área fora no perímetro urbano, de 1000 m², destinada a construção. O montante total de certificados atribuídos (gratuitamente) aos municípios no início de cada ano, foi estimado por forma a viabilizar o cumprimento do objetivo alemão de redução da artificialização líquida do solo para 30 hectares diários. A afetação de certificados aos municípios baseou-se no respetivo número de habitantes. No entanto, foi aplicado um fator de correção para que os pequenos municípios recebessem um número de certificados per capita ligeiramente superior ao concedido a grandes cidades, uma vez que a densidade de construção nestas últimas é usualmente mais elevada e requer menos terreno por habitante. O projeto foi executado como um jogo de simulação ao longo de um período de 15 anos (2014-2028) em que os municípios puderam transacionar certificados através de uma plataforma online. As principais ilações retiradas deste projeto é que a transferência de direitos de construção entre municípios auxiliou ao decréscimo da artificialização líquida do solo até 30 ha/dia no período testado [34].

A **avaliação do impacte ambiental da artificialização do solo** gerada por projetos públicos e privados, embora ainda seja insuficientemente praticada [35], permite identificar situações de degradação deste recurso que podem afetar a saúde humana, a biodiversidade e outros serviços prestados pelo solo no seu estado natural, bem como conceber intervenções destinadas à minimização de tal degradação.

A salvaguarda das funções prestadas pelo solo constitui um objetivo fundamental da lei de proteção do solo da província de Salzburgo, na Áustria, que em 2010 publicou orientações de ordenamento do território sobre esta matéria e a sua abordagem nas avaliações ambientais estratégicas [13].

Os planos sub-regionais de ordenamento do território da Flandres exigem que a urbanização não-evitável de áreas agrícolas ou florestais, seja objeto de uma avaliação de impacte ambiental.

De acordo com o Código Federal de Construção Alemão (BauGB), publicado em 2001, todos os municípios alemães têm a obrigação de submeter qualquer transformação urbanística a uma avaliação preventiva do impacte ambiental ocasionado pela mesma. Na cidade de Estugarda, tal impacte é estimado tendo em conta a quantidade e a qualidade do solo potencialmente ocupado, onde a qualidade expressa a capacidade do solo para prestar serviços de ecossistemas.

As políticas destinadas a limitar, mitigar e compensar a impermeabilização do solo devem ser conciliadas com outras políticas territoriais e sectoriais, incluindo a habitação, a mobilidade, a proteção do ambiente, o desenvolvimento económico e a agricultura [13,18]. A sua implementação carece de um sólido apoio político e do empenho total de todas as autoridades públicas relevantes, em especial das entidades de governação responsáveis pela gestão do território. Neste sentido, Naumann e colaboradores [23] advogam a prática de um planeamento territorial integrado, assente em objetivos estratégicos comuns, que promova: a sensibilização dos cidadãos sobre as funções e serviços prestados pelo solo no seu estado natural; a identificação de áreas intraurbanas com potencial para serem reutilizadas; a prestação de consultoria para a construção em terrenos já urbanizados ou a recuperação de edifícios existentes; bem como a contenção da especulação imobiliária.

Não existe uma solução universal para reduzir a artificialização e a impermeabilização do solo que possa ser aplicada a todas as cidades. Contudo, a adoção de instrumentos vinculativos, a disponibilidade quer de incentivos financeiros e fiscais quer de capacidade técnica, o envolvimento de todos os interlocutores interessados, e a cooperação entre municípios e a sua articulação com os demais níveis de governação, são apontados como fatores de sucesso [22].

3.2. Intervenções

Embora realcem a variedade de terminologias e a sobreposição de conceitos, Rodríguez-Rojas et al. [7] sistematizam em seis grandes categorias as práticas urbanas sustentáveis que permitem mitigar vulnerabilidades decorrentes da impermeabilização do solo. De entre tais categorias, as mais vulgarizadas na Europa visam o desenvolvimento ou a implementação de: i) Soluções de Base Natural (SBN); ii) Infraestrutura verde ou verde-azul; e de iii) Sistemas urbanos de Drenagem Sustentável (SuDS). Na gestão das águas pluviais, os SuDS recorrem usualmente a bacias de retenção, pavimentos permeáveis e valas de infiltração. Aqueles autores, destacam também algumas práticas mais

disseminadas na América do Norte, como os iv) *Low-Impact Developments* (LIDs), que promovem a utilização de sistemas naturais para infiltração, evapotranspiração e recolha e utilização das águas pluviais; e as v) *Best Management Practices* (BMPs), que implementam diversas técnicas, medidas ou estruturas de controlo para gerir a quantidade e melhorar a qualidade do escoamento de águas pluviais. Por fim, salientam a aplicação dos princípios associados ao vi) *Water Sensitive Urban Design* (WSUD), que promovem a integração no planeamento urbano da gestão de águas pluviais, do abastecimento de água e dos esgotos, tendo em conta as características ambientais locais.

A seleção das intervenções seguidamente apresentadas fundamentou-se na sua resposta a pelo menos uma das três vulnerabilidades urbanas abordadas pelo UnSealingCities (calor extremo, inundações e cheias e poluição atmosférica). Na maior parte dos casos, a sua execução decorreu no âmbito de programas e projetos que envolveram parcerias entre as autoridades locais ou regionais e múltiplos *stakeholders*.

Pátios escolares resilientes - OASIS Schoolyards e Climate Shelters

Objetivo principal: Criação de zonas de arrefecimento urbano e refúgios climáticos em ambiente escolar, mitigando os efeitos do calor extremo e promovendo a inclusão social e o bem-estar infantil.

Cidade/país e contexto: Paris e Barcelona. Duas grandes cidades sujeitas a verões intensos, com zonas urbanas densamente construídas e escassez de espaços verdes acessíveis em bairros residenciais.

Descrição: Em Paris, o programa OASIS Schoolyards transformou pátios escolares impermeabilizados em espaços verdes multifuncionais e participativos, com vegetação, sombreamento e pavimentos permeáveis (Figura 4). Já em Barcelona, o projeto Climate Shelters aplicou soluções semelhantes em 11 escolas públicas, que passaram a integrar a rede de refúgios climáticos da cidade. Ambas as intervenções envolveram comunidades escolares e promoveram a adaptação climática ao nível do bairro.

Impactos positivos: Redução das temperaturas locais, aumento da resiliência urbana, melhoria do bem-estar da população, criação de espaços acessíveis e inclusivos e reforço da coesão social.

Financiamento: UE - Ações Urbanas Inovadoras. Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.

Fontes: <https://resilientcitiesnetwork.org/oasis-schoolyards/>

<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/paris-oasis-schoolyard-programme-france>

<https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/en/climate-shelters-schools>



Figura 4 - Transformação operada no pátio da escola Maryse Hilsz em Paris, no âmbito do OASIS Schoolyards. Fonte: <https://www.paris.fr/pages/les-cours-oasis-7389>

Telhados inteligentes para cidades resilientes – RESILIO

Objetivo principal: Mitigar as inundações urbanas e reduzir as temperaturas locais através da utilização de coberturas verdes inteligentes.

Cidade/país e contexto: Amesterdão (Países Baixos). Cidade sujeita a chuvas intensas e cheias urbanas.

Descrição: Instalação de telhados verdes e azuis multifuncionais, com capacidade de armazenamento e regulação inteligente da água, em edifícios seleccionados (Figura 5). A ligação em rede destes telhados possibilita a regulação remota dos seus níveis de água com base nas previsões meteorológicas e nas orientações de gestão da água.

Impactos positivos: Redução do escoamento superficial, arrefecimento dos edifícios e aumento da biodiversidade urbana.

Financiamento: UE - Ações Urbanas Inovadoras. Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.

Fonte: <https://www.uia-initiative.eu/en/uia-cities/amsterdam>



Figura 5 - Cobertura inteligente do Premselahuis Innovation Lab, em Amsterdão, executada pelo RESILIO (autor da imagem: Wieke Braat). Fonte: <https://www.uia-initiative.eu/en/news/journal-3-completing-and-delivering-resilio-smart-bluegreen-roofs-1>

Permeabilização do solo e regeneração urbana sustentável - Save Our Soil for LIFE (SOS4LIFE)

Objetivo principal: Reduzir a impermeabilização e promover a renaturalização dos solos urbanos. Demonstração da viabilidade técnica e económica da aplicação ao nível municipal das orientações europeias sobre a proteção do solo e regeneração urbana.

Cidade/país e contexto: Forlì, Carpi e San Lazzaro di Savena (Itália).

Descrição: Transformação de mais de 10 mil m² de pavimentos impermeáveis em espaços verdes nas três cidades (Figura 6). Desenvolvimento de regulamentação alinhada com a meta europeia, que prioriza a reversão da impermeabilização de solo como compensação pela artificialização do solo não-evitável. Implementação de sistemas de informação para monitorizar a artificialização do solo e avaliar os seus impactes nos ecossistemas, em cada um dos municípios.

Impactos positivos: Nas cidades intervencionadas, observaram-se melhorias na infiltração de água e na qualidade do ar e uma redução da temperatura urbana. Consciencialização pública do valor das funções prestadas pelo solo. Difusão de instrumentos, procedimentos e recomendações, de grande utilidade para outros municípios europeus.

Financiamento: UE - Programa LIFE.

Fonte: <https://www.sos4life.it/en/project/>



Figura 6 - Regeneração urbana em Forlì executada pelo SOS4LIFE.

Fonte: https://www.sos4life.it/wp-content/uploads/SOS4Life_Volantino_web_EN.pdf

Incremento da resiliência urbana por criação de parques e zonas verdes multifuncionais - Prato Urban Jungle (PUJ), LIFE Green Heart e Martin Luther King Park / Clichy-Batignolles

Objetivo principal: Transformar áreas urbanas em espaços verdes multifuncionais que contribuam para a mitigação das ondas de calor e para a melhoria da drenagem de águas pluviais e da qualidade do ar.

Cidade/país e contexto: Prato e Turim (Itália), e Paris. Cidades com diferentes densidades que enfrentam desafios comuns relacionados com o calor extremo, a impermeabilização do solo e a qualidade ambiental.

Descrição: No Prato (Figura 7), o projeto Urban Jungle requalificou zonas urbanas por integração de áreas verdes densas (fachadas, coberturas e parques comunitários). No centro urbano de Turim, o LIFE Green Heart criou um “coração verde”, com jardins de chuva, corredores verdes e pavimentos permeáveis. Em Paris, a complexa regeneração urbana de um antigo estaleiro ferroviário produziu um bairro mais resiliente às alterações climáticas (Clichy-Batignolles) que integra o parque Martin Luther King. Este parque constitui um elemento fundamental de conexão da infraestrutura verde urbana da cidade. O bairro é reconhecido como uma referência internacional em termos de desenvolvimento urbano sustentável.

Impactos positivos: Redução de temperaturas urbanas, reforço da biodiversidade, aumento da infiltração de água, valorização ecológica e social das áreas urbanas e

melhoria da qualidade do ar.

Financiamento: UE - Ações Urbanas Inovadoras. Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (Prato Urban Jungle e Martin Luther King Park / Clichy-Batignolles) e UE - Programa LIFE (LIFE Green Heart)

Fontes: <https://www.stefanoeriarchitetti.net/en/project/prato-urban-jungle/>
<https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/project/LIFE18-CCA-FR-001150/generate-resilient-actions-against-the-heat-island-effect-on-urban-territory>
https://archive-clichy-batignolles.parisnetmetropole-amenagement.fr/sites/default/files/exe_web_cb_dossierpresse-en_2.pdf

[19, p. 65]



Figura 7 - Requalificação do tecido urbano com integração de vegetação em fachadas e espaços públicos, desenvolvida pelo Prato Urban Jungle. Fonte: <https://www.stefanoeriarchitetti.net/en/project/prato-urban-jungle/>

Integração da adaptação climática nas políticas municipais - LIFE UrbanProof e LIFE LOCAL ADAPT

Objetivo principal: Apoiar a integração da adaptação climática nos municípios e implementar soluções de base natural acessíveis e eficazes.

Cidade/país e contexto: O projeto UrbanProof envolveu municípios de pequena e média dimensão da Grécia (Peristeri), Chipre (Lakatamia, Strovolos) e Itália (Reggio Emilia). As atividades do projeto LOCAL ADAPT decorreram na Alemanha (10 municípios da Saxónia), Áustria (cinco municípios da Estíria), Letónia (município de

Valka) e na República Checa. Os dois projetos foram direcionados para municípios com recursos técnicos e financeiros limitados, que evidenciavam vulnerabilidade aos efeitos das alterações climáticas.

Descrição: O UrbanProof produziu um sistema de apoio à decisão destinado ao planeamento da adaptação às alterações climáticas. Este sistema disponibiliza informação sobre os impactos de tais alterações no ambiente urbano, permitindo explorar e comparar opções de adaptação disponíveis e avaliar a sua eficácia no aumento da resiliência territorial às alterações climáticas. O projeto viabilizou igualmente o desenvolvimento de planos de ação climática para os municípios envolvidos e a implementação de medidas de adaptação específicas, tais como a arborização e a criação de pavimentos permeáveis e de coberturas verdes (Figura 8). O LOCAL ADAPT promoveu a integração da adaptação às alterações climáticas na prática das autoridades locais, através da recolha, análise e disseminação de informação sobre os impactos das alterações climáticas, definição de estratégias e preparação de planos de ação climática, identificação de medidas concretas de adaptação e estimação do seu custo-benefício para os municípios, e ainda por cooperação com estes na execução de intervenções específicas de adaptação.

Impactos positivos: Promoção da capacitação dos municípios em matéria de adaptação às alterações climáticas. Ampliação da cobertura vegetal urbana para redução da vulnerabilidade a cheias e calor extremo.

Financiamento: UE - Programa LIFE.

Fontes: <https://urbanproof.eu/en/>; <https://life-local-adapt.eu/en>

Antes da intervenção:



Após a intervenção:



Figura 8 - Requalificação do tecido urbano com criação de áreas verdes urbanas, repavimentação e remoção de barreiras, desenvolvida pelo LIFE UrbanProof.

Fonte: <https://urbanproof.eu/images/C.7.Final.pdf>

Sistema urbano de drenagem com pavimento cerâmico permeável - LIFE CERSUDS

Objetivo principal: Melhorar a drenagem urbana e reduzir os efeitos das cheias através da criação de um sistema de drenagem sustentável (SuDS) baseado em materiais reciclados permeáveis.

Cidade/país e contexto: Benicàssim (Espanha), cidade costeira sujeita a eventos de precipitação intensa e com necessidade de soluções de drenagem adaptadas ao contexto urbano e climático.

Descrição: O projeto CERSUDS implementou e testou em Benicàssim um SuDS, com recurso a um pavimento permeável inovador (Figura 9) composto por pedras cerâmicas (resultantes da reciclagem de resíduos cerâmicos) assentes em bases drenantes que permitem a percolação da água no solo e o armazenamento das águas pluviais excedentes. Para além de promover a drenagem natural do solo, este sistema inteligente viabiliza a monitorização e controlo do escoamento da água armazenada.

Impactos positivos: Redução do risco de cheias urbanas, aumento da capacidade de infiltração do solo, valorização de resíduos industriais e contribuição para a economia circular.

Financiamento: UE - Programa LIFE.

Fonte: <https://www.lifecersuds.eu/>



Figura 9 – Imagens do projeto piloto de colocação de pavimento permeável cerâmico numa rua de tráfego ligeiro e pedonal. Fonte: <https://www.lifecersuds.eu/es/demostrador>

Redução da temperatura em meio urbano através da utilização novos materiais de pavimentação de estradas - LIFE HEATLAND

Objetivo principal: Demonstração da eficácia de um novo material de pavimentação de estradas na redução das temperaturas locais na área de implementação do projeto.

Cidade/país e contexto: Múrcia (Espanha). Cidade vulnerável ao calor extremo.

Descrição: O projeto HEATLAND monitorizou os efeitos decorrentes da aplicação de um novo material na pavimentação de estradas numa zona piloto de Múrcia (Figura 10). Comparativamente ao alcatrão convencional, a composição e cor mais clara do material testado permitem uma menor absorção de calor, que se traduz numa redução do calor urbano, num aumento da visibilidade noturna, e consequentemente em poupanças de energia. A pavimentação realizada em Múrcia comprovou um aumento de 173 % na reflexão solar em comparação com a pavimentação tradicional, reduções da temperatura ambiente em 2°C e da temperatura do asfalto até 15°C, e uma diminuição de 3 dB(A) do nível de ruído ambiente local. O sucesso desta intervenção conduziu à sua replicação em Barcelona, numa extensão de cerca de 4200 m² da Calle Torrent de l'Olla.

Impactos positivos: Redução dos efeitos de ilha de calor e dos consumos energéticos locais.

Financiamento: UE - Programa LIFE.

Fonte: <https://heatlandlife.eu/>

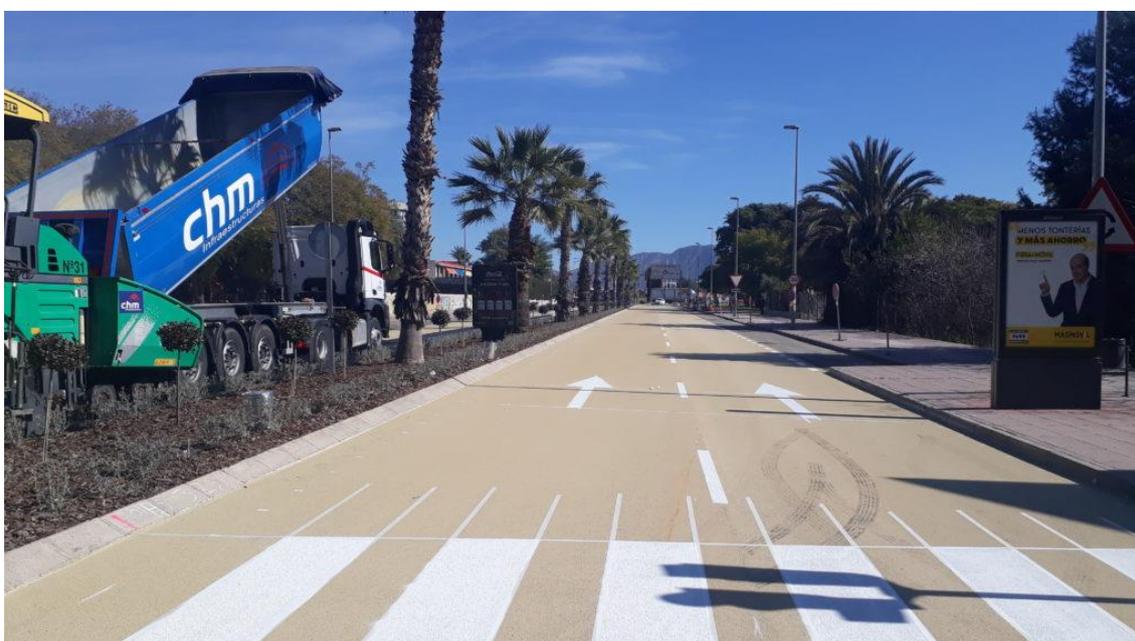


Figura 10 – Troço de uma estrada pavimentada com o material inovador testado pelo LIFE HEATLAND em Múrcia. Fonte: <https://heatlandlife.eu/recursos/multimedia/>

Planeamento urbano com Soluções de Base Natural - Nature4Cities, REGREEN e CLEVER Cities

Objetivo principal: Promover a adoção de SBN no planeamento urbano. Fomentar a adaptação climática nas cidades através de intervenções físicas, ferramentas digitais e a participação dos cidadãos.

Cidade/país e contexto: As cidades parceiras do projeto Nature4Cities foram Çankaya (Turquia), a Área Metropolitana de Milão (Itália), Szeged (Hungria) e Alcalá de Henares (Espanha). Os laboratórios de experimentação urbana (*Urban Living Labs*) criados pelo projeto REGREEN decorrerem em três cidades europeias (Paris, Aarhus e Velika Gorica) e três cidades chinesas (Pequim, Xangai, Ningbo). O CLEVER Cities apoiou intervenções de NBS em oito cidades europeias (Hamburgo, Londres, Milão, Belgrado, Larissa, Madrid, Malmö e Sfântu Gheorghe), bem como no Equador (Quito). As várias cidades participantes nos três projetos enfrentam desafios decorrentes da impermeabilização excessiva, ondas de calor ou degradação ambiental.

Descrição: Os três projetos desenvolveram plataformas e ferramentas de apoio à decisão para ajudar as autoridades locais a implementar intervenções de SBN no contexto do planeamento urbano. Paralelamente, procederam à avaliação dos benefícios ambientais, sociais e económicos de diversas soluções SBN e executaram algumas destas soluções em bairros vulneráveis com o envolvimento de comunidades locais (Figura 11).

Impactos positivos: Capacitação das autoridades locais sobre as SBN e inclusão da adaptação climática nos processos de decisão. Redução da temperatura urbana, reforço da drenagem natural, melhoria da qualidade do ar e aumento da biodiversidade.

Financiamento: UE - Programa Horizonte 2020.

Fontes: <https://www.nature4cities.eu/>

<https://www.regreen-project.eu/>

<https://clevercities.eu/>



Figura 11 – O CLEVER Cities Hamburg mobilizou estudantes, familiares e professores para construir hortas escolares móveis em duas escolas primárias em Neugraben-Fischbek.

Fonte: <https://clevercities.eu/hamburg/>

Participação das comunidades na regeneração urbana verde - Canal Open Space Plan, Participatory Urban Park Project, Green Spaces for Leisure and Community e Green and Blue City Transformation

Objetivo principal: Priorizar as necessidades locais, promovendo a participação das comunidades na criação de espaços verdes e ambientes urbanos sustentáveis.

Cidade/país e contexto: Quatro intervenções de regeneração urbana verde que receberam o selo de Boa Prática URBACT. O Canal Open Space Plan foi concretizado em Bruxelas. O Participatory Urban Park Project foi implementado em Rouen (França). A criação dos Green Spaces for Leisure and Community decorreu na cidade de Fót que integra a Área Metropolitana de Budapeste (Hungria). A Green and Blue City Transformation foi executada no município Ostrów Wielkopolski, da Polónia.

Descrição: A revitalização de uma antiga zona industrial, socialmente desfavorecida, caracterizada por uma grande diversidade de espaços, levada a cabo pelo Canal Open Space Plan em Bruxelas, permitiu a criação de mais de 15 hectares de novos parques e corredores verdes, contribuindo para melhorar a qualidade do ar local, reduzir ilhas de calor urbano e aumentar a conectividade ecológica. O desenvolvimento de espaços verdes acessíveis e multifuncionais, concebidos no âmbito do Participatory Urban Park Project, viabilizou um reforço da cobertura verde e da biodiversidade na cidade de Rouen (Figura 12). Com objetivos análogos, os Green Spaces for Leisure and Community transformaram 10 hectares de áreas subutilizadas em parques e espaços recreativos. A criação de infraestrutura verde, jardins de chuva e lagos de retenção de águas pluviais realizada no âmbito da Green and Blue City Transformation, permitiu reduzir significativamente (em 40 %) os incidentes de inundações em Ostrów Wielkopolski. O planeamento e a execução das quatro intervenções contaram com um envolvimento ativo das comunidades locais, por forma a assegurar que as mesmas refletiam as prioridades dos residentes.

Impactos positivos: Estabelecimento de modelos de regeneração urbana integrada replicáveis. Melhoria da qualidade de vida urbana. Aumento da biodiversidade e redução do calor urbano, da poluição atmosférica e das inundações locais.

Financiamento: UE – Programa URBACT. Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.

Fontes: <https://urbact.eu/good-practices/canal-open-space-plan>

<https://urbact.eu/good-practices/participatory-urban-park-project>

<https://urbact.eu/good-practices/green-spaces-leisure-and-community>

<https://urbact.eu/good-practices/green-and-blue-city-transformation>



Figura 12 – Transformação de terrenos baldios em espaços verdes públicos, realizada pelo Participatory Urban Park Project em Rouen. Fonte: <https://urbact.eu/good-practices/participatory-urban-park-project>

Os projetos abaixo descritos, embora não tenham resultado em intervenções específicas ou demonstrativas, desempenham um papel muito importante na capacitação técnica e na inventariação e divulgação de boas-práticas.

Sistemas de apoio à decisão no planeamento sustentável do uso do solo – LANDSUPPORT e Link4Soils

Objetivo principal: Apoiar técnicos, decisores e comunidades na avaliação, planeamento e implementação de estratégias sustentáveis de uso do solo, através de plataformas digitais, bases de dados integradas e simulações interativas.

Cidade/país e contexto: O LANDSUPPORT e o Link4Soils são dois projetos (com aplicações em Itália, Áustria, Hungria, Alemanha, Espanha, França, Bélgica, Eslovénia, Malásia e Tunísia no primeiro caso, e regiões alpinas europeias no segundo caso) que visaram responder à crescente necessidade de integrar dados, modelos e ferramentas de apoio à decisão na gestão sustentável do solo, quer em áreas rurais como urbanas.

Descrição: O LANDSUPPORT desenvolveu sistemas de apoio à decisão para auxiliar a implementação das políticas de ordenamento do território e ambientais por diferentes níveis de governação. Estes sistemas, assentes na web, incorporam informação geográfica detalhada a par de ferramentas que viabilizam, entre outros aspetos, a cenarização de alterações do uso do solo e a avaliação de impactes ambientais. Os sistemas operacionalizados têm utilidade no planeamento urbano, na gestão de áreas agrícolas e florestais, e na adaptação climática. O Link4Soils criou uma rede transnacional e uma plataforma técnica centrada na proteção e valorização

dos solos alpinos. Inclui orientações, estudos de caso, serviços de consultoria, cartografia do solo detalhada e indicadores destinados à integração da gestão do solo em políticas regionais. Envolveu decisores locais, técnicos e organizações ambientais, promovendo a cooperação institucional entre países da região alpina.

Impactos positivos: Reforço da capacitação técnica e institucional e valorização do solo como recurso estratégico a múltiplas escalas. Integração da sustentabilidade no ordenamento do território e apoio à resiliência climática.

Financiamento: UE - Programa Horizonte 2020 (LANDSUPPORT) e Programa Interreg para o Espaço Alpino (Link4Soils), Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.

Fontes: <https://www.landsupport.eu>

<https://www.alpine-space.eu/project/links4soils/>

Estratégias locais para controlar a artificialização do solo e mitigar a impermeabilização - RECARE

Objetivo principal: Desenvolver soluções de prevenção e remediação da degradação do solo. Identificação de políticas, estratégias de planeamento e instrumentos regulatórios que permitem mitigar os efeitos da impermeabilização do solo e controlar a expansão urbana.

Cidade/país e contexto: O RECARE examinou 17 casos de estudo representativos das principais ameaças sobre o solo (erosão hídrica, salinização, compactação, impermeabilização, desertificação, cheias e desmoronamentos de terras, perda de matéria orgânica, contaminação e perda de biodiversidade) em 15 países europeus. No que diz respeito à impermeabilização do solo e à expansão urbana, o RECARE analisou as estratégias locais de oito cidades europeias (Áreas urbanas e periurbanas de Amsterdão, Cambridge, Milão, Nantes, Regensburg, Estocolmo, Viena e Wrocław), bem como a legislação vigente nos respetivos países.

Descrição: As intervenções consideradas positivas na mitigação dos efeitos da impermeabilização do solo e controlo da expansão urbana variaram entre as cidades, compreendendo: o estabelecimento de metas quantitativas de redução de artificialização do solo (Nantes), a criação de planos regionais integrados (Viena), a preservação de áreas verdes no âmbito da *Green Belt Policy* (Cambridge), o estabelecimento de incentivos à renovação urbana e reutilização de *brownfields* (Suécia e França) e a proteção legal de solos agrícolas e/ou florestais (Áustria e Polónia). O estudo evidenciou a eficácia de políticas integradas com cooperação intermunicipal e envolvimento de múltiplos *stakeholders*.

Impactos positivos: Redução da superfície de solo impermeabilizado per capita em seis das oito cidades, aumento da eficiência no uso do solo, maior proteção ambiental e melhoria do planeamento urbano sustentável.

Financiamento: UE - Programa FP7 - ENV.2013.6.2-4 “Sustainable land care in Europe”.

Fontes: [3]; <https://www.recare-hub.eu/recare-project>

4. Monitorização da artificialização e impermeabilização do solo em áreas urbanas

A presente secção identifica fontes de dados, indicadores e métodos que viabilizam a monitorização da artificialização e da impermeabilização do solo nas cidades portuguesas.

4.1. Fontes de dados

Entre as fontes de dados mais utilizadas pelos diversos países e regiões europeias na monitorização, quer da artificialização quer da impermeabilização do solo, destacam-se os sistemas de cadastro e de registo da propriedade, a cartografia de uso e de ocupação do solo, a ortofotocartografia e as imagens de satélite [17]. A utilização de informação geográfica de âmbito nacional, regional ou mesmo local é usualmente privilegiada [29,36], particularmente quando esta possibilita uma avaliação mais precisa daqueles processos e a determinação das suas forças motrizes. Como complemento destas fontes, o Serviço de Monitorização do Copernicus (CLMS) disponibiliza gratuitamente diversos conjuntos de dados geográficos com cobertura europeia, que podem ser igualmente úteis para apreciar a evolução daqueles processos. De entre estes, no Quadro 2 destacam-se os quatro mais frequentemente empregues na avaliação da artificialização e da impermeabilização do solo.

Quadro 2- Cartografia europeia, produzida pelo CLMS, que viabiliza a monitorização da artificialização e/ou da impermeabilização do solo.

Designação	CORINE Land Cover - CLC	Urban Atlas	CLCplus Backbone	Imperviousness Density - IMD
Descrição	Mapa de ocupação e uso do solo, contendo 44 classes.	Mapa de ocupação e uso do solo das Áreas Urbanas Funcionais (FUA), contendo 27 classes.	Mapa da ocupação dominante do solo, contendo 11 classes no modelo <i>raster</i> e 18 classes no modelo vetorial.	Mapa do grau de impermeabilização do território.
Resolução espacial / Unidade cartográfica mínima	100 m (<i>raster</i>) / 25 ha (vetorial)	- / 0,25 ha para as 17 classes urbanas e 1 ha para as 10 classes rurais (vetorial)	10 m (<i>raster</i>) / 0,5 ha apenas para 2018 (vetorial)	10 m e 100 m para 2018; 20 m e 100 m até 2015 (<i>raster</i>) / -
Referência temporal	2018, 2012, 2006, 2000 e 1990	2018, 2012 e 2006	2021 e 2018	2018, 2015, 2012, 2009 e 2006
Frequência de atualização	6 anos	6 anos	3 anos	3 anos

Designação	CORINE Land Cover - CLC	Urban Atlas	CLCplus Backbone	Imperviousness Density - IMD
Adequação para monitorizar os processos de interesse	<p>Permite quantificar o solo artificializado anualmente e a sua artificialização entre dois anos.</p> <p>Contudo, a baixa resolução do produto tende a subestimar as superfícies artificializadas nos países europeus e suas regiões.</p> <p>Se se admitir que determinadas classes impermeabilizam o solo, fornece estimativas grosseiras do solo impermeabilizado em dado ano e da sua impermeabilização entre dois anos.</p>	<p>A quantificação do solo artificializado é limitada às áreas urbanas representadas: FUA com mais de 50 mil habitantes (em 2018 e 2012) ou FUA com mais de 100 mil habitantes (2006). Em 2018, incluía apenas 12 cidades portuguesas (Aveiro, Braga, Coimbra, Faro, Funchal, Guimarães, Lisboa, Ponta Delgada, Porto, Póvoa do Varzim, Viana do Castelo e Viseu).</p>	<p>A classe designada <i>sealed</i> fornece uma estimativa da superfície de solo impermeabilizado anualmente.</p> <p>A disponibilidade do produto para dois anos viabiliza a estimação da impermeabilização do solo num triénio.</p> <p>O produto não detalha classes dentro de <i>sealed</i>.</p>	<p>O IMD quantifica a proporção da área de cada célula que se encontra impermeabilizada. A superfície de solo impermeabilizado em cada célula obtém-se por multiplicação da proporção fornecida pela área da célula.</p> <p>O maior detalhe do IMD 2018, bem como a alteração de alguns procedimentos conducentes à sua produção, inviabilizam a sua comparação com versões anteriores a 2018 [37].</p>

As Cartas de Uso e Ocupação do Solo (COS) e a Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) são a informação base utilizada na última monitorização da artificialização do solo em Portugal continental, relativa ao período 2007-2018 [38, <https://observatorioindicadores.dgterritorio.gov.pt/multimapa?p=893&g=5&d=2018>]. A seleção da COS fundamentou-se no maior detalhe espacial proporcionado (unidade cartográfica mínima de 1 ha) comparativamente à cartografia europeia disponível à data.

A primeira avaliação do nível de impermeabilização do solo no território continental [<https://observatorioindicadores.dgterritorio.gov.pt/multimapa?p=947>] reporta-se a 2018 e baseou-se no Imperviousness Density - IMD de 2018 e na CAOP do mesmo ano. A impossibilidade de comparar este produto com os IMD de anos precedentes [37] e a inexistência de versões posteriores a 2018, não permitiram desenvolver uma análise evolutiva da impermeabilização do solo. Tal análise passou a ser viável a partir de 2024, na sequência da disponibilização pelo CLMS do produto CLCplus Backbone para dois anos (2018 e 2021).

Foi igualmente em 2024, que alguns investigadores validaram os produtos IMD e CLCplus Backbone relativos a 2018 para o território Europeu [39], tendo comprovado que as estimativas de impermeabilização do solo disponibilizadas pelo CLCplus Backbone embora sejam superiores às facultadas pelo IMD, são mais precisas porque este último subavalia a superfície de solo impermeabilizada. Deste modo, advogam que a impermeabilização do solo seja preferencialmente monitorizada através do CLCplus

Backbone. Com base nesta recomendação, a equipa do UnSealingCities utilizou recentemente o CLCplus Backbone na avaliação da impermeabilização do solo nos municípios do território continental (em 2018 e 2021), bem como na análise da sua evolução de 2018 a 2021.

4.2. Indicadores

Os indicadores permitem quantificar, comparar e monitorizar fenómenos ou processos ao longo do tempo ou entre territórios. Os indicadores relativos à artificialização e à impermeabilização do solo, destinam-se a apoiar decisões de ordenamento do território e a avaliar o seu progresso.

A quantificação da artificialização do solo e a avaliação do cumprimento da meta NNLT, requerem o cálculo das seguintes superfícies:

- (i) Território artificializado em dado momento;
- (ii) Território não artificializado que foi convertido em território artificializado num dado período;
- (iii) Território artificializado que foi renaturalizado (transformado em território não artificializado) em igual período.

Enquanto que (ii) representa o consumo de solo pela urbanização, ou seja, a artificialização bruta do solo, (iii) representa o processo inverso de (ii), conhecido como renaturalização. A diferença entre (ii) e (iii) avalia a artificialização líquida do solo e permite aferir a observância da meta NNLT.

A superfície (i) é usualmente descrita em termos absolutos (ha, km², m²) ou em percentagem da área da unidade administrativa correspondente, enquanto que (ii) e (iii) são mais frequentemente reportadas através de médias diárias ou anuais. Dado que estas superfícies médias não são comparáveis entre unidades administrativas com áreas distintas ou contendo desigual número de habitantes, na mensuração destes processos têm sido adotadas métricas mais complexas, tais como as taxas anuais ponderadas pela superfície das unidades administrativas (m²/ano.km²) [11,12], ou taxas anuais ponderadas pela população residente no final do período nas mesmas unidades espaciais (m²/habitante/ano) [29,36].

Na avaliação da artificialização do solo no território continental [38], calcularam-se dois indicadores, presentemente disponibilizados pelo Observatório do Ordenamento do Território e Urbanismo (OOTU), que expressam a taxa de artificialização bruta do solo e a taxa de artificialização líquida do solo, em m²/ano.km². Estas unidades foram escolhidas para viabilizar a comparação dos valores de cada indicador entre diferentes áreas geográficas e desiguais períodos de tempo.

A superfície de solo impermeabilizado pode ser descrita em termos relativos (proporção de determinado território), ou em valor absoluto per capita (m²/habitante). Dada a desigual extensão deste processo em diferentes contextos territoriais, as métricas acima referidas costumam ser diferenciadas por áreas de interesse, designadamente as urbanas, as periurbanas e as unidades administrativas em que estas se inserem

[3,12,13].

A avaliação da impermeabilização do solo numa área urbana requer o conhecimento prévio dos seus limites espaciais. Os dados geográficos mais frequentemente utilizados em representação dos limites de áreas urbanas são os territórios artificializados, representados pela COS ou por cartografia análoga, e as áreas urbanas funcionais, representadas pelo Urban Atlas [12,19,36].

Presentemente, o OOTU disponibiliza dois indicadores sobre o nível de impermeabilização do solo nos municípios do continente em 2018: a proporção de solo impermeabilizado e a proporção de territórios artificializados não impermeabilizados [<https://observatorioindicadores.dgterritorio.gov.pt/multimapa?p=946>]. Este último indicador, traduz a disponibilidade de solo permeável nas áreas urbanas, aspeto que condiciona fortemente a provisão de serviços de ecossistemas.

4.3. Métodos

A artificialização do solo é usualmente avaliada através da análise de alterações do uso/coberto do solo ocorridas num dado período. De acordo com a definição fornecida pela proposta da Lei de Monitorização do Solo [9], a artificialização bruta do solo contempla as transformações de áreas naturais e seminaturais em áreas artificializadas. Consequentemente, exclui quaisquer alterações entre classes de territórios artificializados. A renaturalização do solo contabiliza as transformações inversas das abrangidas pela artificialização bruta. A artificialização líquida do solo avalia a diferença entre a artificialização bruta e a renaturalização do solo.

Apesar do CLCplus Backbone e do IMD viabilizarem a estimação da superfície impermeabilizada no território europeu, o detalhe e a precisão da informação facultada por estes produtos, bem como a sua frequência de atualização, são insuficientes para o estudo de determinados processos, como por exemplo a avaliação dos impactos hidrológicos resultantes da impermeabilização do solo em meio urbano. Deste modo, diversos países e regiões europeias produzem mapas de impermeabilização solo com maior resolução espacial. Tal é o caso da Flandres, onde a impermeabilização do solo é cartografada anualmente, com uma resolução espacial de um metro, através da aplicação de um modelo de *machine learning* a imagens aéreas de alta resolução (25 cm) [40]. Geralmente, a produção deste tipo de mapas assenta na classificação de imagens de satélite de alta resolução com recurso a um dos diversos métodos disponíveis para o efeito.

Num estudo que comparou 12 métodos na classificação da superfície impermeabilizada em três áreas chinesas, a partir de imagens de satélite com distintas resoluções espaciais [41], concluiu-se que o método de classificação baseado em objetos (*object-based or object-oriented classification*) denotou o melhor desempenho na identificação da superfície impermeável para resoluções espaciais entre quatro a dez metros. Este método categoriza os píxeis com base nas suas características espectrais, forma, textura e relação espacial com os píxeis circundantes. Os autores deste estudo referem que no mapeamento da superfície impermeável em áreas urbanas também são

frequentemente utilizados métodos de classificação vulgarmente conhecidos como índices de superfície impermeável, que utilizam modelos matemáticos específicos para diferenciar, através de valores limiar, as superfícies impermeáveis de outras superfícies do solo.

5. Referências

1. Joint Research Centre European Soil Data Centre (ESDAC). <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/themes/soil-sealing>
2. European Environment Agency. *Land Take and Land Degradation in Functional Urban Areas*; EEA Report No 17/2021; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2022; p. 73. <https://doi.org/10.2800/714139>
3. Naumann, S.; Freluh-Larsen, A.; Prokopp, G. RECARE-Preventing and Remediating Degradation of Soils in Europe through Land Care. Policy Brief on Soil Sealing and Land Take. September 2018. https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2018/2730_recare_soil-sealing_web.pdf
4. Tóth, G.; Ivits, E.; Prokop, G.; Gregor, M.; Fons-Esteve, J.; Milego Agràs, R.; Mancosu, E. Impact of Soil Sealing on Soil Carbon Sequestration, Water Storage Potentials and Biomass Productivity in Functional Urban Areas of the European Union and the United Kingdom. *Land* 2022, 11, 840. <https://doi.org/10.3390/land11060840>
5. Tobias, S.; Conen, F.; Duss, A.; Wenzel, L.M.; Buser, C.; Alewell, C. Soil sealing and unsealing: State of the art and examples. *Land Degrad. Dev.* 2018, 29, 2015–2024. <https://doi.org/10.1002/ldr.2919>
6. European Environment Agency. Urban soil sealing in Europe. <https://www.eea.europa.eu/articles/urban-soil-sealing-in-europe>
7. Rodríguez-Rojas, M.I.; Grindlay Moreno, A.L. A Discussion on the Application of Terminology for Urban Soil Sealing Mitigation Practices. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 8713. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148713>
8. European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back into our lives, COM (2020) 380 final. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:a3c806a6-9ab3-11ea-9d2d01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
9. European Commission. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law), COM (2023) 416 final. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:01978f53-1b4f-11ee-806b-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF
10. European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Roadmap to a Resource Efficient Europe. COM (2011) 571 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0571&from=EN>
11. Nicolau, R.; Condessa, B. Monitoring Net Land Take in a Metropolitan Region—Portugal. *Urban Sci.* 2024, 8, <https://doi.org/10.3390/urbansci8010008>
12. Nicolau, R.; Condessa, B. Monitoring Net Land Take: Is Mainland Portugal on Track to Meet the 2050 Target? *Land* 2022, 11(7):1005. <https://doi.org/10.3390/land11071005>
13. Prokof, G.; Jobstmann, H.; Schönbauer, A. Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects; Technical Report - 2011 - 050, European Commission, DG Environment, April 2011; p.231. https://publications.europa.eu/resource/cellar/c20f56d4-acf0-4ca8-ae69-715df4745049.0001.01/DOC_1
14. European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - EU Soil Strategy for 2030. Reaping the Benefits of Healthy Soils for People, Food, Nature and Climate. COM

- (2021) 699 final. https://ec.europa.eu/environment/document/download/ae853f10-c9a2-4665-a9f2-c29d11c49374_en
15. European Commission: Directorate-General for Research and Innovation. The mission 'A Soil Deal for Europe' – 100 living labs and lighthouses to lead the transition towards healthy soils. Publications Office of the European Union, 2024. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/2272933>
 16. European Commission. Nature Restoration Law. 2024. https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-law_en
 17. D'Ascanio, R.; Desjardins, X.; Devos, T.; Dupont, V.; Estèbe, P.; Leclercq, A.; Pallazzo, A.; Roose, A.; Sadowy, K.; Siedentop, S.; Sýkora, L.; Wealer, B.; Zimmermann, K. No net land take – policies and practices in European regions - Main administrative, economic, political or social challenges to implement No Net Land Take (NNLT). Final report of the ESPON project No net land take – policies and practices in European regions. May 2024; p. 90. <https://www.espon.eu/publications/no-net-land-take-europe-final-report>
 18. Gensheimer, R.; Rosignol, N.; Herwijnen, M.; Desjardins, X.; Devos, T.; Leclercq, A. Policy Brief: No net land take trajectories - Policies and practices across Europe. ESPON 2030, October 2024; p. 22. https://www.espon.eu/sites/default/files/2024-12/no-net-land-take-trajectories_policy-brief.pdf
 19. SOS4LIFE – Save Our Soil For Life. Summary of rules, guidelines, best practices and case studies on limiting land take and on urban resilience to climate change. Action A1.3.1 Report/ Deliverable 9; 31 January 2017.
 20. Jornal Oficial da União Europeia. Diretiva 2007/60/CE relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações. 23 de outubro de 2007.
 21. Jornal Oficial da União Europeia. Diretiva 2014/52/EU que altera a Diretiva 2011/92/UE relativa à avaliação dos efeitos de determinados projetos públicos e privados no ambiente. 16 de abril de 2014.
 22. ESPON SUPER Project—Sustainable Urbanisation and Land-Use Practices in European Regions. In Cotella, G.; Evers, D.; Rivolin, U.J.; Solly, A.; Berisha, E. (Eds.). *A Guide to Sustainable Urbanisation and Land-Use*. ESPON EGTC: Luxembourg, November 2020; p. 116. https://www.espon.eu/sites/default/files/attachments/2020_ESPON_SUPER_Guide_final_A4_screenview.pdf
 23. Naumann, S.; Frelüh-Larsen, A.; Prokop, G.; Ittner, S.; Reed, M.; Mills, J.; Morari, F.; Verzandvoort, S.; Albrecht, S.; Bjuréus, A.; Siebielec, G.; Mitursk, T. Land Take and Soil Sealing—Drivers, Trends and Policy (Legal) Instruments: Insights from European Cities. In Ginzky, H; Dooley, E; Heuser, I; Kasimbazi, E; Markus, T; Qin, T. (Eds.). *International Yearbook of Soil Law and Policy 2018*. Springer, Cham., 2019, 83-112. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-00758-4>
 24. Burszta-Adamiak, E.; Fialkiewicz, W. A review of green roof incentives as motivators for the expansion of green infrastructure in European cities. *Scientific Review Engineering and Environmental Sciences (SREES)* 2019, 28(4), 641–652. <https://doi.org/10.22630/PNIKS.2019.28.4.58>
 25. Eichhorn, S.; Adam, B.; Schürholt, K.; Jansen, H.; Kötter, T.; Terfrüchte, T.; Eichfuss, S.; Rohde, N.; Wilberz, J.; Stielike, J. No net land take policy in practice: Applications and potentials of planning instruments in municipalities. Results of an online survey in North Rhine-Westphalia. *Raumforschung und Raumordnung | Spatial Research and Planning* 2024, Vol. 82 No. 1. <https://doi.org/10.14512/rur.1722>
 26. Swiss Federal Council. Swiss National Soil Strategy for sustainable soil management. 2020, p.68. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/en/dokumente/boden/ui-umwelt-info/bodenstrategie-schweiz.pdf.download.pdf/en_BAFU_UI_2018_Bodenstrategie_bf.pdf
 27. Build Europe. No Net Land Take by 2050 Solving the Unsolvable—10 Solutions for an Improved Management of European Land. 13 January 2022, p. 32. <https://buildeurope.net/wp-content/uploads/2022/01/No-net-land-take-by-2050-Solving-the-unsolvable.pdf>

28. Fina, S.; Hamacher, H.; Rönsch, J.; Scholz, B. Land use monitoring and land take in international comparison. Umweltbundesamt, 2023. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/126_2023_texte_land_use_monitoring.pdf
29. Lacoere, P.; Decoville, A.; Delattre, R.; Melot, R.; Grimski, D.; Schamann, M.; Halleux, J-M. National introduction of no net land take: a comparative study of five pioneering countries seeking to limit their land consumption. *Town Planning Review* 2024, 1-25. <https://doi.org/10.3828/tpr.2024.44>
30. Halleux, J-M.; Leinfelder, H. Land Policy in Belgium: How to Limit Land Take in a “Landowners’ Paradise”? In Hartmann, T; Hengstermann, A; Jehling, M; Schindelegger, A; Wenner, F. (Eds). *Land Policies in Europe: Land-Use Planning, Property Rights, and Spatial Development*. Springer Nature Switzerland, 2025, 35-52. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-83725-8>
31. Davids, P.; Lacoere, P. Flooded Flanders. Planning and downzoning to prevent worse. In Proceedings of the 19th annual conference of the International Academic Association on Planning, Law, and Property Rights conference - PLPR 2025, 62. Cardiff, 3-7 March 2025. <http://plpr-association.org/wp-content/uploads/2025/03/PLPR2025-Book-of-Abstracts.pdf>
32. Ferreira, A. Reconsidering the merit of market-oriented planning innovations: Critical insights on Transferable Development Rights from Coimbra, Portugal. *Land Use Policy* 2020, Volume 99, 104977. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104977>
33. Bruno, E.; Falco, E.; Shahab, S.; Geneletti, D. Integrating ecosystem services in transfer of development rights: a literature review. *Land Use Policy* 2023, Volume 131, 106694. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106694>
34. Grimski, D. Tradable Land Planning Certificates to Reduce Land Take: Results of a Simulation Game with Communities in Germany. In Ginzky, H; Dooley, E; Heuser, I; Kasimbazi, E; Markus, T; Qin, T. (Eds.). *International Yearbook of Soil Law and Policy* 2018. Springer, Cham., 2019, 131-148. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-00758-4>
35. Schatz, E.; Bovet, J.; Lieder, S.; Schroeter-Schlaack, C.; Strunz, S.; Marquard, E. Land take in environmental assessments: Recent advances and persisting challenges in selected EU countries. *Land Use Policy* 2021, 111, 105730. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105730>
36. Decoville, A.; Feltgen, V. Clarifying the EU objective of no net land take: A necessity to avoid the cure being worse than the disease. *Land Use Policy* 2023, 131. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106722>
37. Kleinewillinghöfer, L.; Olofsson, P.; Pebesma, E.; Meyer, H.; Buck, O.; Haub, C.; Eiselt, B. Unbiased Area Estimation Using Copernicus High Resolution Layers and Reference Data. *Remote Sens* 2022, 14(19), 4903. <https://doi.org/10.3390/rs14194903>
38. Nicolau, R.; Condessa, B. Dinâmicas de Artificialização do Solo em Portugal Continental nos períodos 1990–2007 e 2007–2018. *Direção Geral do Território*, janeiro 2022; p.52. https://www.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/projetos/Nicolau_Condessa_31janeiro2022.pdf
39. Sannier, C.; Ivits, E.; Maucha, G.; Maes, J.; Dijkstra, L. Harmonized Pan-European Time Series for Monitoring Soil Sealing. *Land* 2024, 13(7), 1087. <https://doi.org/10.3390/land13071087>
40. Cockx, K.; Pieters, J.; Van De Vijver, E.; Willems, P.; Vanacker, S. (2023). Monitoring the evolution of sealed surfaces in Flanders (Belgium) with annual high-resolution soil sealing maps. EGU General Assembly 2023, EGU23-9824. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-9824>
41. Feng, S; Fan, F. Impervious surface extraction based on different methods from multiple spatial resolution images: a comprehensive comparison. *International Journal of Digital Earth* 2021, 14(9), 1148–1174. <https://doi.org/10.1080/17538947.2021.1936227>

O projeto **UnSealingCities - Planeamento de intervenções de mitigação dos impactos da impermeabilização dos solos e de adaptação às alterações climáticas em áreas urbanas**, é financiado pelo Plano de Recuperação e Resiliência no âmbito do concurso *Science4Policy 2024 (S4P-24)*, promovido pelo Centro de Planeamento e Avaliação de Políticas Públicas em parceria com a Fundação para a Ciência e Tecnologia, I. P.



A equipa do UnSealingCities é composta pelos seguintes elementos da academia (CiTUA/IST, CEG/IGOT e FCUL) e da administração pública portuguesa (DGT e APA):

Beatriz Condessa (CiTUA)

Rita Nicolau (CiTUA; DGT)

Ana Morais de Sá (CiTUA)

Jorge Batista e Silva (CiTUA)

Isabel Loupa Ramos (CiTUA)

Carolina Cardoso (CiTUA)

António Lopes (CEG)

Paulo Morgado (CEG)

Cláudia Reis (CEG)

José Luís Zêzere (CEG)

Eusébio Reis (CEG)

Ezequiel Correia (CEG)

Marcelo Fragoso (CEG)

João Vasconcelos (CEG)

Carolina Severino (CEG)

Cristina Branquinho (FCUL)

Isabel Pina (DGT)

Ana Sofia Rizzone (DGT)

Manuela Saramago (APA)

Teresa Ferreira (APA)

