



## SUSTENTABILIDADE E SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS: UMA ABORDAGEM INTEGRADA

Elisabete Cordeiro<sup>a</sup>; Ana Beatriz Sousa<sup>b</sup>; António Leça Coelho<sup>c</sup>;  
João Branco Pedro<sup>d</sup>; Miguel Chichorro Gonçalves<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, [ecordeiro@lnec.pt](mailto:ecordeiro@lnec.pt)

<sup>b</sup> Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465, Porto, Portugal, [up201905483@gmail.com](mailto:up201905483@gmail.com)

<sup>c</sup> Universidade Lusófona – Centro Universitário do Porto, R. de Augusto Rosa 24, 4000-098 Porto, Portugal, [p901967@ulusofona.pt](mailto:p901967@ulusofona.pt)

<sup>d</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal, [jpedro@lnec.pt](mailto:jpedro@lnec.pt)

<sup>e</sup> Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465, Porto, Portugal, [miguelcg@fe.up.pt](mailto:miguelcg@fe.up.pt)

### RESUMO

Nesta comunicação apresenta-se uma análise da relação entre a construção sustentável e a segurança contra incêndio em edifícios, destacando-se a sinergia entre estes dois requisitos essenciais de uma construção moderna.

Inicialmente, exploram-se os princípios fundamentais da construção sustentável, com ênfase na eficiência energética e na incorporação de materiais eco eficientes.

Em seguida, aborda-se a segurança contra incêndio, destacando-se a importância da escolha criteriosa de materiais com uma reação ao fogo que não contribua para o desenvolvimento do incêndio. Naturalmente, esta medida deve ser complementada com outras, com destaque para a instalação de sistemas automáticos de deteção e extinção de incêndios, bem como a implementação de estratégias eficazes de evacuação. Estas medidas são fundamentais para mitigar riscos e garantir a proteção dos ocupantes em situações de emergência.

Na parte final da comunicação explora-se a integração harmoniosa desses dois requisitos na construção. Analisa-se como as opções de construção sustentável podem ser alinhadas com as estratégias de segurança contra incêndio, promovendo a criação de edifícios que são seguros e ambientalmente sustentáveis.

**Palavras-chave:** Construção, Edifícios, Segurança Contra Incêndio, Construção sustentável



## 1 INTRODUÇÃO

A construção de edifícios é de grande importância para a sociedade atual, abrangendo diversas áreas de conhecimento. Neste contexto, a sustentabilidade ambiental e a segurança contra incêndio em edifícios (SCIE) assumem um papel fundamental na concretização do objetivo de promover a construção de edifícios seguros e ambientalmente responsáveis.

A sustentabilidade tem sido descrita como a capacidade de proporcionar uma elevada qualidade de vida para todos, tanto agora como no futuro. A sustentabilidade tem, essencialmente, o objetivo de melhorar a qualidade de vida. Argumenta-se que uma abordagem sustentável ao projeto de edifícios pode ser um meio eficaz de promover para o objetivo geral da sustentabilidade (Elnaklah *et al.* 2021).

A SCIE, por sua vez, é uma exigência incontornável no projeto de edifícios, facto que é reconhecido pelos governos da generalidade dos países, ao publicarem legislação específica sobre esta matéria. Essa legislação visa garantir que os edifícios têm características que reduzam ao mínimo o risco de perda de vidas humanas e danos materiais resultantes de incêndios.

Acontece que a legislação nem sempre acompanha os novos desafios em matéria de segurança ao incêndio colocados pela evolução social e tecnológica. Consta-se, por vezes, que a resposta regulamentar aos novos desafios só é realizada após a ocorrência de acidentes graves.

Nesta comunicação apresenta-se uma análise dos novos desafios colocados pela construção sustentável à garantia da segurança contra incêndio. Após uma apresentação dos conceitos de construção sustentável e de segurança contra incêndio, discute-se como as opções de construção sustentável podem ser alinhadas com as estratégias de segurança contra incêndio.

## 2 A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

A sustentabilidade tem vindo a ganhar cada vez mais relevância na atualidade. Existe uma preocupação crescente com a crise climática, o que tem levado a um aumento progressivo nas medidas a favor da sustentabilidade. A verdadeira sustentabilidade é um sistema que não causa danos ao planeta. O principal objetivo é satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades (Robbins, 2012). Assim, a construção sustentável pode ser vista como um projeto que se foca principalmente em equilibrar os aspetos ambientais, económicos e sociais ao longo do ciclo de vida do edifício (Liu, 2022). Existem três princípios principais da sustentabilidade ambiental: reduzir o consumo de recursos não renováveis, melhorar o ambiente natural e melhorar a qualidade de vida (Liu, 2022). Cada um destes princípios deve ser considerado em todas as etapas de um projeto de construção.

Existem várias definições de “edifícios verdes”, “construção sustentável” e “edifícios sustentáveis”. De acordo com o *World Green Building Council* (WBG), um “edifício verde” é aquele que, durante a fase de projeto, construção e utilização, reduz ou elimina os impactos negativos no ambiente, contribuindo, pelo contrário, para a sua melhoria. Os “edifícios verdes” contribuem para a preservação dos recursos naturais e melhoram a qualidade de vida dos ocupantes (McNamee e Meacham, 2023).

As certificações em edifícios verdes são concedidas para reconhecer e validar práticas de construção sustentável, que têm como objetivo reduzir o impacto ambiental e promover a conservação dos recursos naturais. Existem várias certificações de sustentabilidade, sendo algumas das mais reconhecidas o certificado *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) e o certificado *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM).



## 2.1 SUSTENTABILIDADE EM MATERIAIS

A sustentabilidade dos materiais e tecnologias utilizadas na construção é um conceito que incorpora técnicas, materiais e tecnologias avançadas para criar estruturas que sejam não apenas funcionais, mas que tenham, também, um impacto ambiental positivo (Tang *et al.*, 2020).

Quando se fala sobre construção sustentável, está-se a referir a uma abordagem holística que leva em consideração cada etapa do processo de construção. Desde a fase inicial de planeamento até a demolição final, cada decisão é tomada com o objetivo de reduzir o consumo de energia e minimizar o impacto no meio ambiente (Lima *et al.*, 2021). Esta abordagem tem as suas raízes na ideia de maximizar a eficiência do fluxo de energia. Ao considerar cuidadosamente fatores como a orientação do edifício, o isolamento e a ventilação, pode-se otimizar o uso de recursos naturais e reduzir a necessidade de fontes de energia artificiais (Ching, 2020). Isso não apenas economiza recursos, mas também ajuda a proteger o planeta.

A construção sustentável também visa criar estruturas projetadas para durar. Ao usar materiais duráveis e implementar estratégias adequadas de manutenção, pode-se prolongar a vida útil dos edifícios e reduzir a necessidade de manutenção. Isso não economiza apenas recursos, mas também reduz o desperdício. Além disso, a construção sustentável visa criar um ambiente interno saudável. Ao promover uma boa qualidade do ar interno, otimizar a iluminação natural e incorporar espaços verdes, pode-se melhorar o bem-estar e o conforto dos ocupantes. Isso, por sua vez, leva a um aumento da produtividade e satisfação (Elnaklah *et al.*, 2021).

O conceito de construção sustentável está em constante evolução e impulsiona inovações arquitetônicas e de engenharia. À medida que a tecnologia avança e novos materiais são desenvolvidos, tem-se ainda mais oportunidades de criar edifícios que sejam tanto sustentáveis quanto esteticamente agradáveis (Umoh *et al.*, 2024).

Em resumo, a construção sustentável vai além de simplesmente erguer estruturas. Trata-se de mudar fundamentalmente a maneira como se pensa sobre o ambiente construído. Ao incorporar princípios de eficiência de recursos e ecologia em cada etapa do processo de construção, pode-se criar edifícios que não atendam apenas às nossas necessidades imediatas, mas também protejam e melhorem o planeta para as gerações futuras.

## 2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PROJETO DE EDIFÍCIOS

É essencial ter em consideração a energia incorporada dos materiais na abordagem abrangente do projeto sustentável de edifícios. Embora seja fundamental reduzir o consumo de energia operacional, também é muito importante ponderar a pegada de carbono dos materiais empregados na construção. Se um edifício tem uma vida útil prolongada, as economias alcançadas na energia operacional podem ser anuladas pela energia incorporada nos materiais. Portanto, uma abordagem holística, que considere tanto a energia operacional quanto a energia incorporada, é necessária para garantir a sustentabilidade de longo prazo dos edifícios (Asdrubali, *et al.*, 2023).

Essa abordagem holística maximiza a eficiência geral de um edifício, minimiza seu impacto ambiental e estabelece uma base sólida para um futuro sustentável. Ao reconhecer a importância da eficiência energética, pode-se enfrentar eficazmente o problema urgente do uso de energia em edifícios (Hafez, *et al.*, 2023), garantindo um ambiente construído mais sustentável e ecologicamente correto para as gerações futuras.



Para lidar com a questão do consumo de energia em edifícios, é crucial considerar a sustentabilidade de longo prazo e o impacto ambiental das escolhas. Com o crescimento da consciencialização sobre esta questão, fica evidente que a eficiência energética não é apenas uma palavra da moda, mas uma necessidade urgente para combater as mudanças climáticas.

Os ganhos decorrentes da priorização da eficiência energética ultrapassam as preocupações ambientais. Ao reduzir o consumo de energia, não apenas se mitiga a escassez energética, mas também se fortalece a segurança no fornecimento de energia. Diante dos crescentes custos dos combustíveis e da finitude dos recursos, a conceção voltada para a eficiência energética emerge como uma abordagem mais eficaz e economicamente viável (Umoh *et al.*, 2024). Não se trata apenas de reduzir emissões prejudiciais, mas também de traçar um caminho para economias significativas a longo prazo.

### 3 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Os incêndios podem ter graves consequências em termos de perda de vidas e património. Podem também ter implicações financeiras significativas para os indivíduos, as empresas e as seguradoras (Van Coile *et al.*, 2023). Portanto, é imperativo garantir a SCIE no projeto, na construção e na utilização de qualquer edifício.

Os regulamentos de construção são amplamente influenciados pelas experiências do passado. Ao longo da história, alguns grandes desastres moldaram profundamente os regulamentos de construção, levando os países a promulgar, gradualmente, legislação específica sobre a SCIE (Markel, 2021). Um desastre, que impactou drasticamente o curso dos regulamentos de construção, foi o Grande Incêndio de Londres ocorrido em 1666. Este incêndio teve consequências devastadoras que deixou uma memória indelével no território e na sociedade. Na sequência deste incêndio foi estabelecido o *London Building Act*, em 1667, que constituiu um marco na promoção da segurança na construção (Hood, 2020).

Atualmente existem regulamentos de SCIE nos diversos países. Estes regulamentos visam prevenir a ocorrência de incêndios e mitigar seu impacto quando ocorrem. No entanto, estes regulamentos são, em muitos casos, essencialmente prescritivos, centrando-se na definição de soluções mínimas, em vez de estabelecer níveis de desempenho (Hood, 2020; Markel, 2021). Como consequência, a adoção de abordagens alternativas ou inovadora é muitas vezes fortemente condicionada pelas entidades licenciadoras que impõem o cumprimento de regulamentação prescritiva.

Uma área em que os regulamentos podem limitar significativamente os projetistas é na fixação dos escalões de tempo a atribuir aos elementos estruturais, quando sujeitos à ação incêndio. Esses escalões de tempo especificam a duração durante a qual um elemento da construção, independentemente do material em que é executado (*e.g.*, betão, aço, alumínio, mista ou madeira) pode resistir ao fogo antes de ocorrer o seu colapso (Maiworm *et al.*, 2023).

Embora esses requisitos sejam essenciais para garantir a segurança, podem impedir os projetistas que desejam explorar abordagens do projeto baseado na engenharia de segurança ao incêndio (Upasani *et al.* 2020), as quais permitem a aplicação de conhecimentos científicos para demonstrar que as soluções alternativas cumprem, ou superam, o nível de segurança regulamentar. Esta abordagem permite a inovação, a otimização e a personalização das soluções, adotadas em cada edifício (Society of Civil Engineers, 2020).



Quanto às medidas de prevenção contra incêndio, estas são geralmente classificadas como estratégias de proteção passiva ou ativa. As medidas de proteção passiva visam garantir que o edifício e a sua organização espacial facilitem, naturalmente, a evacuação segura dos ocupantes durante um incêndio. Por exemplo, a separação dos caminhos de evacuação através do uso de corredores protegidos, tem-se mostrado uma medida de proteção passiva eficaz.

As estratégias de proteção ativa visam adotar medidas que, no caso de um incêndio, minimizam seu desenvolvimento e os danos causados. Isso pode incluir sistemas automáticos de deteção de incêndio, sistemas automáticos de extinção de incêndios, como *sprinklers*, meios mecânicos de controlo de fumo e outros.

Embora estas medidas de proteção ativa sejam cruciais para proteger as vidas e o património, também colocam desafios do ponto de vista da sustentabilidade. A instalação de materiais extra para compensar o potencial de libertação de energia durante um incêndio pode aumentar o impacto ambiental e o consumo de recursos (Ching, 2020; Van Coile *et al.*, 2023).

#### 4 INTEGRAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE E DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

A integração da sustentabilidade ambiental e da SCIE na construção de edifícios é crítica para a indústria da construção. Como vimos, a construção sustentável visa minimizar o impacto ambiental e o consumo de energia, ao mesmo tempo que emprega materiais sustentáveis. Porém, é também imperativo assegurar um adequado nível de SCIE para garantir a vida humana, preservar o património e evitar que os benefícios da sustentabilidade sejam destruídos no caso de um incêndio (Roberts *et al.*, 2016; McNamee, 2023). O desafio reside em harmonizar esses objetivos sem comprometer nenhum deles.

Por um lado, é importante reconhecer que decisões de projeto em busca do aumento da SCIE podem levar a um maior impacto ambiental e, portanto, ser prejudiciais à sustentabilidade. Isso pode ser evidente em decisões simplistas de aumentar a compartimentação por meio de subdivisão, reduzindo assim o potencial para projeto em plano aberto, que tem muitos benefícios de qualidade. Da mesma forma, proteger excessivamente um edifício aumentando a instalação de medidas e sistemas de proteção contra incêndio pode contribuir para a oferta de soluções sobredimensionadas, não racionais e em que o binómio custo/benefício surge fortemente desequilibrado. As implicações que essas decisões podem ter para os bombeiros e o resgate ou evacuação de pessoas com mobilidade limitada também devem ser consideradas.

Por outro lado, a experiência empírica tem evidenciado que algumas opções de construção sustentável podem aumentar os riscos de incêndio devido ao uso de materiais e tecnologias não convencionais e que não foram testados ao longo do tempo (Roberts *et al.*, 2016).

Adicionalmente, alguns materiais utilizados na construção sustentável podem ter como consequências o aumento da carga combustível e, portanto, do calor de combustão, relativamente aos materiais tradicionalmente usados. Num espaço interior em que sejam utilizados materiais sintéticos a inflamação generalizada <sup>1</sup> pode ocorrer num intervalo de 2 a 4 minutos, quando no caso de materiais não sintéticos esse intervalo está compreendido entre 14 a 20 minutos <sup>2</sup>. Este novo perigo coloca a

---

<sup>1</sup> A inflamação generalizada ocorre quando a temperatura dentro de uma sala ou estrutura atinge um ponto crítico, fazendo com que todo o combustível disponível (como móveis, tapetes e outros materiais) se incendeie quase instantaneamente.

<sup>2</sup> Os valores dos intervalos anteriormente referidos são meramente indicativos, servindo somente para ilustrar a diferença que existe entre materiais.



seguinte questão: *quais as implicações para a segurança destes novos materiais e como os podemos utilizar sem comprometer SCIE?* (Gollner *et al.*, 2012).

Algumas recomendações para integrar esses SCIE e construção sustentável são (Roberts *et al.*, 2016; McNamee, 2020; McNamee, 2023):

- Utilizar materiais menos combustíveis;
- Incorporar de sistemas de SCIE na automação de edifícios;
- Desenvolver modelos de avaliação de desempenho que considerem uma ampla gama de características.

A *Fire Protection Research Foundation* publicou o segundo volume de um relatório com o título “*Fire Safety Challenges of Green Buildings*” (Meacham e McNamee, 2020), que apresenta uma análise do risco potencial de incêndio de vários elementos considerados sustentáveis. Os materiais utilizados na construção sustentável podem ter como consequência um aumento dos riscos/perigos. É necessário fazer uma análise como estes materiais poderão influenciar a propagação do incêndio pelo exterior, a propagação pelo interior, prejudicar na evacuação, condicionar os meios de intervenção, condicionar os meios de socorro e afetar a própria estrutura.

No Quadro 1 são apresentados alguns dos materiais analisados no relatório, verificando-se que são vários os materiais de construção sustentável que apresentam risco elevado. As estratégias de mitigação de risco que encontramos neste relatório são muitas vezes o uso de materiais aprovados (*i.e.*, marcação CE), uso de *sprinklers* e assegurar um mecanismo de ventilação apropriado.

Quando os materiais utilizados na construção sustentável aumentam os riscos/perigos, pode ser uma melhor opção investir mais recursos na instalação de dispositivos de SCIE como, por exemplo, os *sprinklers*. Os *sprinklers* controlam o incêndio, ajudam a reduzir os custos de reparação e eliminam a necessidade de reconstruir estruturas na sua integridade. O seu uso pode potenciar a eliminação, não apenas a quantidade de material desperdiçado que é depositado em aterros, mas também elimina a necessidade de novos materiais para a reconstrução do edificado.

Quadro 1 – Tabela de risco de incêndio adaptada (Meacham e McNamee, 2020)

Construção Sustentável	Perigos/Riscos:	Mitigação do Risco	Risco
<b>Madeira lamelada colada cruzada/Cross Laminated Timber (CLT)</b>	Pode delaminar Aumenta a carga de incêndio do edifício Problemas de estabilidade	Criar barreiras para evitar propagação Instalar sistema de <i>sprinklers</i> Utilizar materiais aprovados	Elevado
<b>Painéis Estruturais Isolados</b>	Se não resistir, o isolamento pode contribuir para propagação do incêndio Aumento da carga de incêndio	Assegurar a selagem adequada dos painéis Durante a instalação, ter especial cuidado com os possíveis negativos junto a fontes de ignição Utilizar materiais aprovados	Elevado
<b>Painéis Fotovoltaicos em edifícios</b>	Pode apresentar risco de ignição Aumenta a carga de incêndio do edifício Impacto nas operações dos meios de socorro Risco de quebra de vidros	Criar barreiras entre os PV e outros materiais combustíveis Prever um sistema de interrupção de energia sinalizado Utilizar materiais aprovados	Elevado



Construção Sustentável	Perigos/Riscos:	Mitigação do Risco	Risco
<b>Fachadas Verdes</b>	Pode contribuir para o aumento da carga de incêndio, propagação de incêndio Impacto nas operações dos meios de socorro Impacto na desenfumagem e calor	Manter adequadamente a vegetação Criar acessos para os meios de socorro Prever mecanismos de desenfumagem Utilizar materiais aprovados	Moderado
<b>Ventilação Natural</b>	Pode afetar a capacidade de controlar o fumo Pode influenciar o movimento do fumo que depende das condições ambientais	Prever sistemas dedicados de desenfumagem Instalar sistema de <i>sprinklers</i>	Moderado
<b>Isolamento Térmico pelo Exterior (ETICS)</b>	Se não resistir, o isolamento pode contribuir para a propagação do incêndio Aumenta a carga de incêndio do edifício	Criar barreiras para evitar propagação. Utilização de materiais aprovados	Elevado
<b>Construção Modular</b>	Disseminação do incêndio pelo interior das paredes Produtos tóxicos	Criar barreiras para evitar propagação Durante a instalação especial cuidado com os possíveis negativos junto a fontes de ignição Utilização de materiais aprovados	Elevado
<b>Materiais e Acabamentos Interiores</b>	Pode contribuir para a propagação do incêndio Produção de fumo Aumento da carga de incêndio	Instalar sistema de <i>sprinklers</i> Utilizar retardantes Utilizar materiais aprovados	Elevado

## 5 CONCLUSÃO

Equilibrar os imperativos de segurança, responsabilidade ambiental e inovação tecnológica é uma exigência da sociedade atual. A procura desse equilíbrio encerra um desafio multifacetado e para a indústria da construção moderna.

As regulamentações prescritivas, embora tenha contribuído para melhorias significativas na SCIE, não permitem dar uma resposta eficaz às exigências da construção sustentável. Portanto, a transição para regulamentações com análise de desempenho emerge como um processo de alteração que deve ser rapidamente, mas cuidadosamente, implementado de modo a permitir a conceção e construção de soluções inovadoras e sustentáveis.

No entanto, essa mudança não é isenta de desafios. O conflito potencial entre SCIE e construção sustentável requer uma abordagem equilibrada e criteriosa. As decisões de projeto devem ser cuidadosamente avaliadas, considerando não apenas os benefícios imediatos, mas também os potenciais riscos e impactos ambientais a longo prazo. Além disso, a complexidade crescente dos materiais e tecnologias sustentáveis cria novos desafios na SCIE. A integração de elementos como coberturas verdes e painéis fotovoltaicos requer uma análise cuidadosa dos perigos específicos associados a essas inovações.

Há várias alternativas sustentáveis que, sem uma análise profunda de segurança contra incêndios, podem contribuir para o aumento do risco de incêndio. É importante avaliar os perigos de incêndio destes materiais de construção sustentável face à construção tradicional.



Este potencial conflito entre SCIE e sustentabilidade evidencia a complexidade de assegurar a SCIE dentro no contexto de um projeto sustentável. Os projetistas e as partes interessadas devem avaliar cuidadosamente e equilibrar os riscos, benefícios e implicações ambientais das várias estratégias de SCIE. O objetivo final é encontrar soluções que garantam a SCIE, sem comprometer a sustentabilidade ambiental a longo prazo.

A adoção de regulamentos com análise de desempenho permite uma abordagem mais flexível e adaptável à SCIE. Em vez de assentar exclusivamente em medidas prescritivas rígidas, que nem sempre são adequadas, as regulamentações com análise de desempenho permitem a exploração de métodos e materiais alternativos que cumpram os objetivos de segurança desejados. Isso pode levar ao desenvolvimento de estratégias inovadoras de SCIE que são eficientes e sustentáveis.

Portanto, a integração bem-sucedida da sustentabilidade e SCIE requer uma abordagem holística e colaborativa. É essencial que a indústria da construção trabalhe em conjunto para desenvolver soluções que atendam aos objetivos sustentabilidade ambiental a longo prazo sem comprometer a SCIE.

## 6 REFERÊNCIAS

Asdrubali, F.; Grazieschi, G.; Roncone, M.; Thiebat, F.; Carbonaro, C. (2023). Sustainability of Building Materials: Embodied Energy and Embodied Carbon of Masonry. *Energies*, 16, no. 4: 1846. <https://doi.org/10.3390/en16041846>

Ching, F. D. K. (2020). *Building construction illustrated*.

Elnaklah, R., Walker, I., & Natarajan, S. (2021). Moving to a green building: Indoor environment quality, thermal comfort and health. *Building and Environment*.

Gollner, M., Kimball, A., Vecchiarelli, T. (2012). *Fire Safety Design and Sustainable Buildings: Challenges and Opportunities*. Report of a National Symposium.

Hafez, F. S., Sa'di, B., Safa-Gamal, M., Taufiq-Yap, Y.H., Alrifaey, M., Seyedmahmoudian M., Stojcevski A., Horan, B., Mekhilef, S., (2023). Energy Efficiency in Sustainable Buildings: A Systematic Review with Taxonomy, Challenges, Motivations, Methodological Aspects, Recommendations, and Pathways for Future Research. *Energy Strategy Reviews*, Volume 45. 101013. ISSN 2211-467X, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101013>.

Hood, D. W. T. (2020). *The Fire Problem: Social Responsibility for Fire in the British Empire, 1817-1919*.

Liu, T., Chen, L., Yang, M., Sandanayake, M., Miao, P., Shi, Y., Yap, P.-S. (2022). Sustainability Considerations of Green Buildings: A Detailed Overview on Current Advancements and Future Considerations. *Sustainability*, 14, 14393. <https://doi.org/10.3390/su142114393>

Maiworm, B., Hammann, C., & Schleich, M. (2023). Prescriptive Building Regulations, Safety Objectives, and Residual Risk in Germany. *Fire Technology*.

Markel, Dr. Howard. (2021). *How the Triangle Shirtwaist Factory Fire Transformed Labor Laws and Protected Workers' Health*. PBS, Public Broadcasting Service, 1 Apr. 2021.



McNamee, M., Meacham, B. J. (2023). "Conceptual Basis for a Sustainable and Fire Resilient Built Environment," *Fire Technology*, 2023/09/20 2023, doi: 10.1007/s10694-023-01490-9.

Meacham, B. & McNamee, M. (2020). Fire safety challenges of 'green' buildings and attributes. Research Foundation Report.

Robbins, A.P. (2012). Building Sustainability and Fire-Safety Design Interactions. Branz Study Report, 269. ISSN: 1179-6197.

Roberts, B., Webber, M., Ezekoye O. (2016). Why and How the Sustainable Building Community Should Embrace Fire Safety. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, vol. 3, 12/01 2016, doi: 10.1007/s40518-016-0060-2.

Society of Civil Engineers, A. (2020). Performance-Based Structural Fire Design: Exemplar Designs of Four Regionally Diverse Buildings using ASCE 7-16, Appendix E. [ascelibrary.org](http://ascelibrary.org)

Tang, Z., Li, W., Tam, V. W. Y., & Xue, C. (2020). Advanced progress in recycling municipal and construction solid wastes for manufacturing sustainable construction materials. *Resources*. [sciencedirect.com](http://sciencedirect.com)

Umoh, A. A., Adefemi, A., Ibewe, K. I., Etukudoh, E. A., Ilojiana, V. I., & Nwokediegwu, Z. Q. S. (2024). Green architecture and energy efficiency: a review of innovative design and construction techniques. *Engineering Science & Technology Journal*, 5(1), 185-200.

Upasani, N., Bansal, M., Satapathy, A., Rawat, S., & Muthukumar, G. (2020). Design and Performance Criteria for Fire-Resistant Design of Structures – An Overview. *Advances in Structural Technologies: Select Proceedings of CoAST 2019*, 277-294.

Van Coile, R., Lucherini, A., Chaudhary, R. K., Ni, S., Unobe, D., & Gernay, T. (2023). Economic impact of fire: cost and impact of fire protection in buildings.