

# 尼日利亚绿色建筑回顾与可持续建筑环境的响应性建筑材料

Jonam Jacob Lembi<sup>1\*</sup>, Ibrahim Adamu Umar<sup>1</sup>, Hilsang Alfred Kobiba<sup>2</sup>, Amos Musa Tarni<sup>3</sup>

1 尼日利亚 明纳 联邦理工大学建筑系

2 尼日利亚 贾林戈 塔拉巴州立大学土木工程系

3 尼日利亚 乔斯 乔斯大学建筑系

**摘要:** 尼日利亚建筑材料的高成本已经成为获得体面环境的一个严重问题, 特别是对于低收入者来说, 他们发现很难建造一个负担得起的体面住房。对于低收入群体来说, 这更为严重, 他们面临的挑战因多种因素而变得复杂, 包括建筑材料成本的不断增加。市民买不起像样的建筑材料, 这使得环境受到污染, 很难建造一座环保型建筑。该研究旨在通过审查绿色建筑和可持续建筑材料的原则, 确定可持续建筑材料在解决尼日利亚绿色建筑和经济适用房建设方面的潜力。审查的目的是汇编尼日利亚发现的不同可持续建筑材料的可用数据, 这些材料可用于降低建筑材料成本, 从而增强建筑环境中的绿色建筑。该研究采用了相关文献的定性数据分析。审查表明, 尼日利亚现有当地材料的再利用提供了生态友好的环境, 并促进了建筑经济的有效性。能源、水和资源控制的效率已成为促进绿色建筑和可持续建筑环境的相关因素。降低建筑成本的可持续材料最好描述为其资源效率高, 由可再生材料制成, 并且无毒。

**关键词:** 建设成本; 绿色建筑; 住房; 尼日利亚; 可持续建筑材料

## Green Architecture Review and the Responsive Building Materials Towards a Sustainable Built Environment in Nigeria

Jonam Jacob Lembi<sup>1\*</sup>, Ibrahim Adamu Umar<sup>1</sup>, Hilsang Alfred Kobiba<sup>2</sup>, Amos Musa Tarni<sup>3</sup>

1Department of Architecture, Federal University of Technology, Minna, Nigeria

2Department of Civil Engineering, Taraba State University, Jalingo, Nigeria

3Department of Architecture, University of Jos, Jos, Nigeria

**Abstract:** The high cost of construction materials in Nigeria has become a serious problem of obtaining a decent environment especially for the low income earners who find it very difficult to construct an affordable decent house. It is more serious for the low-income groups whose challenges are complicated by several factors including the ever increasing cost of construction materials. Citizens cannot afford decent materials for their building construction which makes the environment polluted and difficult to have an environmentally responsive buildings. The study aims at identifying potentials of sustainable building materials in addressing Green Architecture and Affordable housing construction in Nigeria through the review of principles of Green Architecture and sustainable building materials. The purpose of the review is to compile the available data of different sustainable building materials found in Nigeria that would be used alternatively to reduce the cost of building materials thereby enhancing Green Architecture in the built environment. The study employed the use of qualitative data analysis from relevant literature. The review showed that, the re-use of existing local materials found in Nigeria provides ecofriendly environment and promotes the effectiveness of building economics. The efficiency of energy, water and resource control has become relevant element in the promotion of green architecture and sustainable built environment. Sustainable materials to lower cost of construction are best described in their resource efficient, made from renewable materials and it is non-toxic.

**Keywords:** Cost of construction; Green architecture; Housing; Nigeria; Sustainable building materials

## 1. 引言

绿色建筑是一种绿色建筑设计技术。这些设计以环境为重点,包括集中于环境可持续性的更大施工影响。绿色建筑对规划生态友好和节能的房屋和建筑给予了谨慎的关注。自然生态是绿色建筑中的一个主要概念,为建筑模型提供了基础<sup>[11]</sup>。绿色建筑的目标已由绿色登记册确定,以产生保护常规环境的模拟,并将其转化为与当前环境景观在空间、能源、水和资源使用方面的同化。绿色建筑设计必须在咨询、修改计划、设计和现场调查、材料使用、与现有生态的一致性、绿色建筑的选择等第一阶段具有可持续性,以确保对生态系统真正友好的环境细节的包容性。

耐热性、能源、水、储量和建筑成本的效率是绿色建筑的重要组成部分。用于绿色建筑和建筑的最优质材料构成了 Accoya 改性木材。它在资源利用方面非常有效,可持续和耐用,来自回收材料,对人类健康无害<sup>[7]</sup>。绿色建筑中使用的再生材料促进了有利和健康环境的可持续性驱动因素。可回收用于可持续建筑环境的柔性和健康材料选自石头、钢铁、报纸、纸板和绝缘棉等材料。它们具有灵活性和效率,因为它们需要较少的生产能源、较少的添加剂化学品,以及对全球变暖的良好遵从性,减少了碳印,从而减少了空气污染,改善了建筑环境的空气质量。木屑或矿渣、碎玻璃制成的混凝土就是此类可持续材料的好例子<sup>[24]</sup>。原始的、丰富的或可再生的材料可以从可持续完成的自然资源中获得。它们需要可再生,并且在自然界中足够丰富,例如太阳能瓦片和认证木材。其他更新的、回收的材料本质上具有创造价值和有效材料的能力,不会产生丢弃或填埋废物。对这些材料进行修复或改进,或翻新和回收,以提高生产率、效率和功能。据说塑料天花板是这种可再生建筑材料的好例子<sup>[13]</sup>。

在全球范围内,欧洲的研究表明,建筑物在整个生命周期内约占全球二氧化碳排放量的 45%<sup>[21]</sup>。更为重要的是,自 2010 年以来,这一比例每年增加 1%<sup>[12]</sup>。联合国政府确定温室气体 (GHG) 排放的标准确定了一个已知的事实,即二氧化碳以及甲烷和一氧化二氮等其他温室气体会导致全球变暖。气候变化也可以从降水量 (降雨量) 的变化中看出,未来气候变化将导致海平面上升,增加海洋酸度,导致不同地区降水量的差异,最后导致世界亚热带地区沙漠的扩张。除了气候变化的影响,人口过剩和城市化继续减少绿地<sup>[9]</sup>。与采用绿色建筑相关的一些挑战是建筑施工行业中绿色产品和材料的限制<sup>[27]</sup>。

在过去几年中,尼日利亚经历了洪水和气温升高所造成的气候破坏性影响。如果尼日利亚鼓励绿色建筑,全球变暖/气候变化的影响将减少<sup>[14]</sup>。《生活建筑监测》(Living Architecture Monitor)上的一篇文章建议,

鉴于令人震惊的空气污染水平和存在的其他环境问题,我们必须走绿色墙和绿色屋顶的道路。绿色屋顶的环境效益是巨大的,就像海绵一样吸收雨水,有助于减少径流,提供自然冷却性能,降低声音反射的影响。此外,绿色屋顶有助于减少雨水;让它们远离下水道,鼓励生物多样性;绿色屋顶的社会效益包括在绿色办公室或绿色家园工作的人的健康和福祉;研究表明,更好的室内空气质量可以使性能提高 8%<sup>[14]</sup>。绿色屋顶和绿色墙的区别在于建筑物上植被/植物的位置。对于绿色屋顶,植被/植物在屋顶上,而对于绿色墙,植被/植物在墙上。墙壁上使用的植被/植物最好是攀援植物,现在正在建造能够支撑植被的墙壁。它的优点在绿色屋顶上是一样的。其惊人的社会效益之一是其美学品质;绿色的墙壁美化了社区的环境。此外,建筑上的绿色屋顶和墙壁,无论是老旧的还是现代化的,或是翻新的,都会带来有趣的经济效益,与非绿色建筑相比,其价值会增加 7%。此外,战略性放置的墙壁可以显著改善室内空气质量和循环,同样,它有助于减少可能损坏建筑物的紫外线辐射<sup>[14]</sup>。尼日利亚的可持续能源潜力鼓励采用绿色建筑理念<sup>[25]</sup>。

2014 年,拉各斯试图建造尼日利亚第一座绿色建筑。我们还可以做很多事情,我们不能错过它的巨大好处。绿色建筑有益于环境,包括保护生态系统和生物多样性,改善水和空气质量,减少浪费,保护和恢复自然资源和可再生资源,并减少热量增加<sup>[23]</sup>。应通过尼日利亚政府的有效启发因素提高公众的意识,以促进绿色建筑<sup>[26]</sup>。

## 2. 绿色建筑原则

能源效率是绿色建筑中的一个因素,其中绿色设计的效率强调通过优化自然照明、通风和其他电能消耗组件来减少建筑公用设施的能源。这意味着当建筑物消耗更少的能源时,个人将节省能源成本<sup>[7]</sup>。节能建筑被定义为那些通过使用节能措施合理利用资源,努力实现最低能源需求的建筑<sup>[18]</sup>。节能可被视为实现建筑可持续性的第一步。它有助于最大限度地降低能源成本,提高建筑物的价值和竞争力,减少温室气体排放。对环境友好型建筑的兴趣始于上世纪中叶左右,这是由于由于生态世界的需要,一些倡导绿色建筑的社区雄心勃勃<sup>[7]</sup>。

水效率坚持绿色建筑的职责,目的是保护周围环境,以保持水质并减少浪费。建筑师和工程师的概念设计应通过可持续的机械规范来满足建筑围护结构的使用寿命,即水的循环机制将是有效的。《土地使用法》和其他土地管理机构应使土地开发计划具有积极性和可执行性,以保护和维护环境,并利用和再利用当地发现的材料。通过在建筑环境周围进行适当的景观美化,将绿色墙壁、绿色屋顶、屋顶花园和土棚结合起来<sup>[9]</sup>。对环境影响评估 (EIA) 的不当遵守已被证明是造成 50% 环境破坏的主要因素,这与建筑行业的不良施工过程和项目

破坏有关。据说每年全球排放量的 10% 来自项目建设。因此, 绿色建筑的原则通过材料使用效率、维护成本、减少废物和使用可再生能源来改善室内空气质量和室外环境质量, 以满足低环境影响评估<sup>[8]</sup>。

### 3. 方法

该研究根据系统审查和荟萃分析 (PRISMA) 指南的首选报告项目, 参考尼日利亚发现的可持续建筑材料, 对绿色建筑评估进行了系统的文献综述。在搜索文献之后, 该研究采用了内容分析来确定主题并组织文献中的定性数据, 以更好地了解可持续建筑材料如何增强尼日利亚的绿色建筑。

#### 3.1. 数据收集

Haven 确定了系统审查和荟萃分析 (PRISMA) 的首选报告项目。本评估中使用的数据是从第二来源收集的。首先, 阿贝尔·奥拉吉德·奥卢伦尼索拉 2019 年开发的尼日利亚农业工业废弃物中的六种可持续建筑材料的数据, 其次, 从 Alsop、Post、Parry J.、Agopyan、Reis、Fernandez J.E、Chakravarthi、Ogunjobi、Liu、Amo、Akiyele 和尼日利亚水泥公司收集了六种材料的各种分析数据。

#### 3.2. 评估方法

对文献中的识别数据和绿色建筑的原理进行了各种分析。根据六种建筑材料的吸水性能、断裂荷载试验、抗压强度、物理性能、厚度、膨胀、加固、弹性模量和断裂, 对其性能进行了比较。

### 4. 结果和讨论

结果表明, 这六种建筑材料有助于解决尼日利亚的绿色建筑、可持续建筑环境以及对经济适用住房建设的追求。因此, 确定了可持续材料:

1. 火山灰和混合水泥
2. 天然纤维增强屋面瓦
3. 水泥粘结复合天花板
4. 锯屑钢筋混凝土空心砌块和粘土砖
5. 天然纤维增强地板和墙砖
6. 混凝土梁钢筋

#### 4.1. 火山灰和混合水泥

在尼日利亚, 许多农业遗存很容易获得, 经常被当作废物处理。例子包括甘蔗渣 (甘蔗 (*Saccharum officinarum*) 加工产生的废物) 和玉米 (*Zea mays*) 玉米芯 (Olurunisola, 2019)。这两个矿床的火山灰作用已被尝试并证实。据指出, 含有不超过 15%CCA 的 Corn-Cob-Ass (CCA) 混合水泥符合 NIS 439:2000 和 ASTM C150 水泥条件。CCA 混合水泥混凝土的抗压强度和和易性占 CCA 的 8% 以上, 适用于结构混凝土工程<sup>[17]</sup>。

	Cement	Pozzolan	Fly Ash	Slag
Calcium oxide (%)	65.0	5.0	5.0	40.0
Magnesium oxide (%)	1.5	2.0	2.0	5.0
Silica Dioxide (%)	20.0	60.0	45.0	35.0
Aluminium oxide (%)	6.0	15.0	20.0	15.0
Ferrous oxide (%)	2.5	5.0	10.0	0.3
Bulk Density ( $t/m^3$ )	1.5	1.6	1.0	1.8

Source: [3].

表 1. 水泥和火山灰性能对比。

表 1 显示了水泥和火山灰的各种化学含量。各种性质的含量确定了一个重要原因, 即具有良好的抗化学试剂 (尤其是海水) 和富含硫酸盐的水的侵蚀性, 从而有助于减少天然原料的使用, 与生产水泥熟料相比, 其生产过程中消耗的能量更少, 减少了温室气体排放和总体二氧化碳足迹。研究样本取自尼日利亚前索科托州 (现索科托、凯比和赞法拉州) 的卡兰拜纳采石场<sup>[5]</sup>。

#### 4.2. 天然纤维增强屋面瓦

30 年来, 关于开发可持续替代木材纤维水泥复合材料屋顶材料的研究一直在全球进行<sup>[1]</sup>。非洲有相当多的纤维, 其主要来源是用于水泥粘结屋顶瓦制作的藤条, 这是一种被认为是剥落的、多刺的、具有柔性茎的棕榈树, 通常起源于靠近水道的 20 个非洲国家, 包括尼日利亚。已经研究并发现适用于尼日利亚水泥粘结复合屋面瓦生产的其他纤维材料包括椰子壳、甘蔗渣、竹子、棕榈树和丝瓜<sup>[17]</sup>。

Natural Fibre	Dry weight (kg)	Wet weight (kg)	% of absorption
Coir Reinforced Tiles	2.847	3.022	6.14
Banana Reinforced Tiles	2.811	3.003	6.37
Sugarcane Reinforced Tiles	2.925	3.034	6.38

Source: [6].

表 2. 天然纤维的吸水性能。

表 2 的结果从吸水试验中清楚地表明, 与其他两种纤维砖相比, 椰壳纤维砖的吸水量要少得多。

Tiles Specimen	% of Fibre	Breaking Load in $N/mm^2$	
		7 days	28 days
Standard Cement Tiles	0	19.12	25.23
Coir Reinforced Tiles	15	25.45	30.21
Banana Reinforced Tiles	15	23.78	28.34
Sugar Cane Reinforced Tiles	15	21.32	26.65

Source: [6].

表 3. 天然纤维断裂载荷试验。

从表 3 中, 试验清楚地表明, 当 15% 的椰壳纤维用混凝土加固时, 与加固的香蕉和甘蔗纤维相比, 其具有最佳断裂载荷 (30.21 $mm^2$ )。

#### 4.3. 水泥粘结复合天花板

水泥粘结刨花板是由木质纤维素设计的面板产品的一个广义术语, 主要使用不同的块或颗粒, 与水泥结合并压实<sup>[20]</sup>。水泥粘结颗粒板的一些优异性能包括相对较高的强度与水重量比和耐久性、高吸水性、钉钉能力和锯切舒适性; 出色的隔音和隔热性能; 以及对火、昆虫和真菌攻击的高抗性<sup>[17]</sup>。在尼日利亚, 天花板是由大量

木质纤维素纤维和废料制成的, 包括锯末、废纸、藤条、椰子壳、玉米壳、象草、木瓜、假茎和秋葵。

Mixing Ratio	Water Absorption (%)	Thickness Swelling (%)
3:1	135.76 ± 20.49 <sup>b</sup>	16.67 ± 11.54 <sup>a</sup>
1:1	118.07 ± 19.55 <sup>b</sup>	11.67 ± 6.38 <sup>a</sup>
1:3	24.95 ± 1.98 <sup>a</sup>	10.00 ± 3.85 <sup>a</sup>

Source: [16].

表 4. 从 *Anogesus leiocarpus* 锯末生产的板材吸水率和厚度膨胀的平均值。

表 4 显示了在水中浸泡 24 小时的水泥粘合板的吸水率 (WA) 和厚度膨胀 (TS) 的平均值。根据所获得的结果, 135.76% 的吸水率产生 16.67% 的最高厚度, 比例为 3:1 (75% 锯屑: 25% 水泥)。

Mixing Ratios	Modulus of Elasticity (Nmm <sup>2</sup> )	Modulus of Rapture (Nmm <sup>2</sup> )
3:1	23.39 ± 1.90 <sup>a</sup>	0.20 ± 0.02 <sup>a</sup>
1:1	76.99 ± 27.84 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.19 <sup>a</sup>
1:3	343.12 ± 149.97 <sup>b</sup>	2.36 ± 0.65 <sup>b</sup>

Source: [16].

表 5. 由 *Anogesus leiocarpus* 锯屑生产的板材的弹性模量和撕裂模量的平均值。

带不同上标的列中的平均值表示显著差异 ( $P \leq 0.05$ )

表 5 的结果表明, 由 1:3 混合比制成的板材的平均 MOE 最高 (343.12 Nmm<sup>-2</sup>), 而由 3:1 锯屑 / 水泥混合比制成板材的平均 MOE 最低 (23.39 Nmm<sup>-2</sup>). 观察到, 在由 1:3 锯屑 / 水泥混合比制成的板材中, MOR 的平均值最高 (2.36Nmm<sup>-2</sup>). 由 3:1 和 1:1 锯屑 / 水泥混合比生产的板材之间也没有显著差异, 但 1:3 有显著差异 ( $P \leq 0.05$ )。研究结果表明, 梨果 *Anogesus leiocarpus* 锯末适合生产水泥粘结刨花板, 既可以用作天花板, 也可以用作隔板。

#### 4.4. 木屑钢筋混凝土空心砌块和粘土砖

为了降低混凝土空心砌块的成本, 将尼日利亚 *Tectona grandis* 锯末和部分水泥替换为混合料中的碳化钙残渣和家禽产品蛋壳, 以生产低成本混凝土空心砌块, 这是可持续的<sup>[17]</sup>。

Specimen No.	Ultimate Load (KN)	Ag (mm <sup>2</sup> )	Stress at Ultimate (mpa)
1	616	43548	14.1
2	693	42645	16.3
3	781	43967	18.1
4	640	42903	14.9
Average	683	43266	15.9

Source: [15].

表 6. 灌浆填充锯屑的抗压强度。

表 6 的结果表明, 极限应力为 15.9 时的平均极限荷载为 683, 这表明了锯屑混凝土单元 (SCU) 的优点, 它可以很容易地接受普通螺钉和钉子。由 SCU 制成的砖饰面支撑墙显示出整体更好的兼容性、延展性和强度特性, 而钢柱支撑墙显示了这些特性。研究表明, SCU 与

砂浆和水泥浆的粘结性能使其更牢固。

#### 4.5. 天然纤维增强地砖和墙砖

最新和可持续的混凝土瓷砖是由波特兰水泥和采石场砂的混合物作为骨料制成的。混凝土砖纤维增强的主要优点是影响额外的能量吸收能力, 并将脆性材料转化为拟延性材料。西非各地发现的天然纤维来源之一, 在尼日利亚可以免费获得, 这是 *Cissus populinea*<sup>[10]</sup>。

Properties	Value
Mean M. C (%)	16
Mean Bulk Density (g/cm <sup>3</sup> )	0.15
Mean Water Absorption (%)	226 (2hr.), 375 (24hr.)

Source: [4].

表 7. 杨树纤维的物理性质。

表 7 显示了纤维在 2 小时和 24 小时浸泡后的吸水率, 分别为 226% 和 375%。这些值与 Torgal 和 Said (2002) 报道的用于复合材料制造的其他已知纤维的吸水率相当, 如剑麻纤维 (110%)、Cair 纤维 (98%)、竹纤维 (145%) 和香蕉纤维 (407%)。将天然纤维组分粘结在加固地板和墙砖上, 粘结到单组分聚合物乳胶改性瓷砖粘合剂上。

#### 4.6. 混凝土梁钢筋

研究并揭示了混凝土中特定藤类藤条的替代加固材料的结合强度。强度可以达到混凝土和软钢的 30% 左右。此外, 还研究了整根藤条、藤条纤维和藤条裂缝作为混凝土板加固材料的用途。藤条具有稳定性、强度和尺寸, 可用于轻载结构的加固。用于加固的其他适当成分是竹子、藤条。竹子和藤条加固支柱的平均抗压强度分别为等效钢筋的 78% 和 64%, 这意味着这两种材料都可用于替代低承载结构支柱中的钢<sup>[17]</sup>。

Reinforcing Materials	Average Ultimate Load (KN)	Average Crack width (mm)
Rattan	94.82	2.80
Bamboo	116.78	1.38
Steel	149.38	1.6m

Source: [2].

表 8. 藤、竹和钢的钢筋比较。

表 8 显示了藤、竹和钢的各种加固能力。对于需要钢筋的区域, 竹子和藤条可以作为轻型建筑中的钢材替代品, 且成本较低。

### 5. 建议

这项研究建议尼日利亚政府在联邦农业部设立一个分部门, 负责收集将被转化为可持续建筑材料的农业残留物。

使用绿色建筑材料, 如 Accoya 改性木材、来自回收报纸和纸板的纸绝缘材料、来自回收矿物的棉绝缘材料、天然纤维、回收石头和回收钢铁, 是有效的, 因为它们使用更少的化学品和能源进行加工, 也需要更少的原始资源。

尼日利亚政府应鼓励使用竹子、椰子壳、甘蔗渣、

拉菲亚棕榈和丝瓜，以适合在尼日利亚生产水泥粘结复合屋面瓦。

应鼓励使用 *Anogeissus leiocarpus* 锯末，因为它适用于生产水泥粘结刨花板，可以用作天花板和隔板。

该研究建议在混合物中使用锯末和碳化钙残渣和禽蛋壳粉部分替代水泥，以生产低成本混凝土空心砌块。

应鼓励使用可轻易接受普通螺钉和钉子的锯屑混凝土构件，因为它们与砂浆和水泥浆的结合性能使其更坚固。

竹子和藤条可以作为钢的替代品，以低成本建造轻型建筑。藤条具有稳定性、强度和尺寸，可用于轻载结构的加固。

应使用纤维增强混凝土砖来提高能量吸收能力。

政府的立法部门应制定法律，鼓励使用具有良好热性能、能源效率、水效率、资源管理和节约一般建筑成本的材料。

## 6. 结论

通过适应绿色建筑和可持续建筑材料的原则，尼日利亚的经济适用住房和可持续建筑环境得以实现。绿色建筑中使用的材料提供了良好的热性能、能源效率，并节省了一般建筑成本。它们的再生特性、对当地现有材料的再利用提供了一个生态友好的环境，并有助于最大限度地降低能源成本，提高建筑的价值和竞争力，减少温室气体排放。事实证明，天然纤维材料成本低，生产能耗低，可用于购买昂贵的其他建筑材料。尼日利亚有丰富的纤维和当地材料，如果积极使用，将降低尼日利亚的建筑成本和住房问题。

## 参考文献

- [1] Agopyan, V., Savastanojr, H., John, V., Cincotto, M. (2005). "Development of Vegetable Fibre-cement Based Materials in Sao Paulo, Brazil: An overview". *Cement Concrete Compos*, 27 (5): 527-536.
- [2] Akinyele, J. O. and Aresa, S. W. (2013). "Structural Characteristics of Bamboo and Rattan Cane Reinforced Concrete Struts" retrieved from [www.sciencedomain.org](http://www.sciencedomain.org) on February 16th, 2021. pp. 689.
- [3] Alsop, P. A. and Post, J. W., (1995). *The Cement Plant Operations Handbook for Dry Process Plants*, 1st Edition. Tradeship Publications.
- [4] Amoo, K., Adefisan, O. O. and Olurunisola, A. O. (2016) Development and Evaluation of Cement Bonded Composite Tile Reinforced with *Cissus populnen* Fibres". Amoo K. et al. Retrieved from research gate 16th February, 2021. (pp. 134-139).
- [5] Cement Company of Nigeria, (1981). *Geological Survey of the Limestone Deposits CCNN, Sokoto, Nigeria*.
- [6] Chakravarthi, P., Karthikeyan, A., Kumar, P.,

Prakash, R. and Karthik, G. (2019). "Analysis of Reinforced Natural Fibre Cement Composite Roofing Tiles" Accessed from <http://ijesc.org/> Retrieved February 18th, 2021.

[7] Charles, J. K. (2008). "Sustainable Construction of Green Building Design and Delivery". Edition 2, 241-249.

[8] Chung, W. (2006). "Benchmarking the Energy Efficiency of Commercial Building" Chung et al. Retrieved from [www.sciencedomain.org](http://www.sciencedomain.org) on March 5th, 2021.

[9] Etiosa, U. (2009). "Energy Efficiency Survey in Nigeria: A Guide for Developing Policy and Legislation". Etiosa U. et al. Retrieved from research gate 20th February 2021.

[10] Fernandez, J. E. (2002). Flax Fibre Reinforced Concrete- A Natural Fibre Bio Composite for Sustainable Building Materials, in *High Performance Structures and Materials C. A. Brebbia and W. P. Wilde, Editors Seville*, pp. 193-207.

[11] Green Register (2014). "Essential and Features for a Successful and Sustainable Building". Available from the Green Register <http://www.greenregister.org.uk/pro-essential>. Retrieved March 10th, 2021.

[12] *Global Environmental Policies*, United Nation Government, 2010.

[13] Kim, J. J. (2008). "Qualities, Use, and Examples of Sustainable Building Materials". Michigan: National Population Prevention Centre for Higher Education.

[14] Kim, J. and Yoon, Y. (2011). "Economic Analysis and Energy Reduction by the types of Green Roof" *Seoul Studies* 12 (12), pp. 125-140.

[15] Liu, Y., Dave, J. and Christie, G. (2005). "Evaluation of Lightweight Sawdust Concrete Units" *Canadian Masonry Symposium, Banff, Alberta, June 8-12, 2005*. Retrieved from [Canadamasonrydesigncentre.com](http://Canadamasonrydesigncentre.com) 11th February, 2021.

[16] Ogunjobi, K. M., Ajibade, M. A., Gakenou, O. F. and Gbande, S. (2019). "Physical and Mechanical Properties of CementBonded Particle Board Produced from *Anogeissus leiocarpus* (D. C) Guill and Perwood species" Retrieved from *African Journal of Agriculture Technology of Environment* Vol. 8 (1): 192-199, June, 2019.

[17] Olurunisola, A. O. (2019). "Development of Sustainable Building Materials from Agro-Industrial Wastes in Nigeria" Available from [www.intechopen.com](http://www.intechopen.com): <https://www.intechopen.com/books/sustainable-constructionand-building-materials/development-of-sustainable-buildingmaterials-from-agro-industrial-wastes-in-nigeria>. Retrieved March 16th, 2021.

[18] Radhi, H. (2008). A Systematic Approach for Low Energy and Buildings in Bahrain (PhD).

[19] Reis, JML (2006). "Fracture and Flexural Characterization of Natural Fibre-Reinforced Polymer Concrete". *Construction of Building Material*, 20 (9): 673-678.

[20] Torgal, F. P. and Said, J. (2002). *Vegetable Fibre Reinforced Concrete Composite*. A publication The C-TAC Research Unit, University of Minlo, Guimaraes, Portugal.

[21] United Nations Environmental Programme, 2007. *Frame work Conference on Climate Change*.

[22] United Nations Government Standards for Determining Greenhouse Gas Emission for Cities.

[23] U.S. Environmental Protection Agency (2010). *Green Building Basic Information*. Retrieved from <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/about.htm>. 20<sup>th</sup> February, 2021.

[24] Varis, B. and Maria, B. (2010). "The Whole Building Handbook, How to Design Healthy, Efficient and Sustainable Buildings.

[25] Okeke, F. O. Chinwe, S., Okafor, C., Andy, N. N., Ani, E. K., Okere, C. E. and Ugwu, C. C. (2018). *Green Architecture and the Nigerian Perspective*. *International Journal of Agriculture, Environment and Bioreseaeach*. 3 (6): 341-351.

[26] Koko, A. F. and Muhammed, B. (2020). "The Green Approach to Architecture Exploring the Factors Hindering the use of Green Architecture in Nigeria" Auwal, F. K. et al. Retrieved from [intechopen](https://www.intechopen.com) 10th July, 2021.

[27] Cole, L. B. (2019). *Green Building Literacy: A Framework for Advancing Green Building Education* (2019). *International Journal of STEM Education*. Cole, L. B. et al. Retrieved from [journal. Springeropen.com](https://www.springeropen.com) 10th July, 2021.